

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERO
MECÁNICO**

**TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DESGRANADORA DE MAÍZ CON
CAPACIDAD DE 15QQ/HORA**

**AUTORES:
LUIS CHRISTIAN CHOLCA CACUANGO
GUSTAVO ANDRÉS MANTILLA VALENCIA**

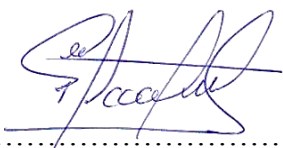
**TUTOR:
JOSÉ OLGER PÉREZ SILVA**

Quito, diciembre del 2015

Cesión de derechos de autor

Nosotros, Luis Christian Cholca Cacuango con documento de identificación N° 1725295172 y Gustavo Andrés Mantilla Valencia con documento de identificación N° 1717998429, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “Diseño y construcción de una desgranadora de maíz con capacidad de 15qq/hora”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Luis Christian Cholca Cacuango
1725295172



Gustavo Andrés Mantilla Valencia
1717998429

Quito, Diciembre del 2015

Declaración de coautoría del docente tutor

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Diseño y Construcción de una desgranadora de Maíz con Capacidad de 15qq/hora, realizado por: Luis Christian Cholca Cacuango y Gustavo Andrés Mantilla Valencia, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, Diciembre del 2015



.....

José Olger Pérez Silva.

Dedicatoria:

El presente proyecto va dedicado a Dios, mis padres Luis y Margarita, por el apoyo incondicional, respaldo, comprensión y los buenos consejos que siempre me han brindado para culminar una etapa importante de mi vida estudiantil, a mi hermana Maritza por acompañarme en los momentos más difíciles, así como en los más felices demostrándole que se pueden cumplir las metas con esfuerzo, dedicación y trabajo.

A todos ustedes, por confiar en mí.

Christian.

Dedicatoria:

Este proyecto va dedicado en primer lugar a mis padres Gustavo y Anita quienes han sido mi motivación para cumplir mis propósitos porque siempre me han brindado su amor, apoyo y confianza, además me inculcaron valores para no solamente ser un buen profesional sino un hombre de bien. A mis hermanos Jonathan y Cristina por estar en todo momento conmigo y darme su cariño que ha sido indispensable para seguir adelante con mis sueños. A mi novia Sandy quien con su amor y comprensión me ha llenado de muchas alegrías y me ha impulsado a nunca rendirme.

Andrés

Índice

Introducción	1
Objetivos:	2
Objetivo general:	2
Objetivos específicos:.....	2
Capítulo 1	3
Marco teórico	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Definición	5
1.3 Principales tipos de maíz	5
1.4 Características físicas	6
1.4.1 Medida de la masa.	8
1.4.2 Fuerza de arranque.....	9
1.5 Secado del maíz	10
1.5.1 Métodos de secado.....	10
1.6 Determinación de la humedad	12
1.7 Procesos de desgranado	13
1.7.1 Desgranado manual.	13
1.8 Desgranado mecánico	15
1.8.1 Clasificación de las desgranadoras.	16
1.9 Estudio y selección de alternativas	17
1.9.1 Sistemas de desgranado.	17
1.9.2 Análisis de alternativas.	22
Capítulo 2.....	26
Diseño de la desgranadora de maíz	26
2.1 Sistema de desgranado	26
2.1.1 Capacidad de desgrane.	26
2.1.2 Datos desgranadores.	27
2.1.3 Determinación de la fuerza de arranque del maíz.....	27
2.1.4 Cálculo de reacciones y momentos.....	28
2.1.5 Cálculo de esfuerzos.	29
2.1.6 Análisis del dado.....	30
2.1.7 Diseño de la criba.	33

2.1.8 Cilindro desgranador.	33
2.2 Sistema de transmisión	38
2.2.1 Determinación del motor.	38
2.2.2 Selección del motor.	40
2.2.3 Relación de transmisión.....	42
2.2.4 Selección del perfil de la banda.	44
2.2.5 Distancia entre centros de las poleas.	44
2.2.6 Longitud de la correa.	45
2.2.7 Ángulos de contacto.	45
2.2.8 Velocidad lineal de la banda.....	46
2.2.9 Determinación del número de bandas.....	47
2.2.10 Determinación de las fuerzas en las bandas.	47
2.2.11 Cálculo de las fuerzas que actúan en la banda.....	49
2.2.12 Cálculo de la fuerza resultante en la banda.	50
2.3 Diseño del eje principal	50
2.3.1 Diseño bajo cargas estáticas.	50
2.3.2 Momento de la polea 2.	51
2.3.3 Momento del ventilador.....	52
2.3.4 Fuerza ejercida por el cilindro desgranador.....	52
2.3.5 Cálculo de reacciones y momentos.....	52
2.3.6 Cálculo de esfuerzos.	54
2.3.7 Diseño a fatiga.	55
2.3.8 Cálculo del diámetro en condiciones dinámicas.....	59
2.4 Cálculo de chavetas	59
2.4.1 Selección del material.....	59
2.5 Cálculo de chumaceras	60
2.5.1 Chumaceras o soportes con rodamientos en Y.	60
2.5.2 Selección de chumaceras.	61
2.5.3 Carga dinámica.	61
2.5.4 Fórmula de la vida nominal.	62
2.6 Diseño del ventilador.....	64
2.6.1 Velocidad de separación de impurezas.....	64
2.6.2 Determinación del caudal.	68
2.6.3 Número de álabes.	68

2.7 Análisis estructural	69
2.7.1 Determinación de pesos.	69
2.7.2 Análisis de la estructura.	71
Capítulo 3	76
Análisis de costos y experimentación	76
3.1 Generalidades	76
3.2 Costos	76
3.2.1 Costos directos.	76
3.2.2 Tiempo de mecanizado.	78
3.2.3 Tiempo de ensamblado.	78
3.2.4 Costos por máquinas y equipos utilizados.	79
3.2.5 Costo de mano de obra directa.	80
3.2.6 Costos directos totales.	80
3.2.7 Costos indirectos.	80
3.2.8 Costo total.	81
3.3 Análisis experimental de la desgranadora	81
3.3.1 Prueba 1 (800 rpm).	83
3.3.2 Prueba 2 (1000 rpm).	84
3.3.3 Prueba 3 (Varios tamaños).	85
3.3.4 Prueba 4 (Tiempos de desgranado).	86
3.3.5 Resultados del análisis experimental.	87
Conclusiones:	88
Recomendaciones:	89
Referencias	90
Anexos	93

Índice de tablas

Tabla 1 Características físicas de diferentes tipos de maíz.	7
Tabla 2 Características técnicas del maíz.	7
Tabla 3 Mediciones de masa del grano y mazorca del maíz INIAP 122.	9
Tabla 4 Fuerza de arranque manual del maíz.	10
Tabla 5 Valores a utilizar.	23
Tabla 6 Valoración de las alternativas.	24
Tabla 7 Propiedades mecánicas del acero AISI 1018.	31
Tabla 8 Aplicación de cargas y material.	31
Tabla 9 Resultados de análisis.	32
Tabla 10 Tamaños del maíz.	35
Tabla 11 Diámetro del maíz.	35
Tabla 12 Volumen de mazorcas.	37
Tabla 13 Temperatura, presión y peso específico del aire al variar la altura.	41
Tabla 14 Características del motor de combustión interna.	42
Tabla 15 Propiedades mecánicas del acero AISI 4140.	51
Tabla 16 Factor de modificación de condición superficial.	56
Tabla 17 Factor de modificación de la temperatura.	57
Tabla 18 Factor de confiabilidad.	58
Tabla 19 Característica de la chumacera.	63
Tabla 20 Cargas vivas y muertas en la estructura general.	70
Tabla 21 Cargas vivas y muertas de la bancada.	71
Tabla 22 Costos materiales directos.	76
Tabla 23 Tiempos de mecanizado.	78
Tabla 24 Tiempos de ensamblaje.	79
Tabla 25 Costo máquina.	79
Tabla 26 Costo mano de obra.	80
Tabla 27 Costos directos totales.	80
Tabla 28 Costos indirectos.	81
Tabla 29 Costo total.	81
Tabla 30 Muestras de varios tipos de maíz.	82
Tabla 31 Tabulación prueba 1.	83

Tabla 32 Tabulación prueba 2.....	84
Tabla 33 Tabulación prueba 3.....	85
Tabla 34 Tabulación prueba 4.....	86

Índice de figuras

Figura 1 Producción mundial y precios internacionales del maíz.....	3
Figura 2 Producción nacional de maíz.	4
Figura 3 Superficie sembrada del maíz duro seco.	4
Figura 4 Tipos de maíz.....	5
Figura 5 Medición de masa de los granos de maíz.	8
Figura 6 Medición de masa del maíz.	8
Figura 7 Medición de fuerza de arranque del maíz.....	9
Figura 8 Secado del maíz.	11
Figura 9 Secado artificial del maíz.	12
Figura 10 Desgranado con los dedos.	13
Figura 11 Desgranado en sacos.....	14
Figura 12 Desgranado con tusas.	14
Figura 13 Desgranado mediante tabla de madera.	15
Figura 14 Modelo de desgranadoras.	16
Figura 15 Desgranadora sin ventilador.	16
Figura 16 Desgranadora con soplador y harneros.....	17
Figura 17 Desgranadora de maíz con sistema de disco dentado.....	19
Figura 18 Desgranadora de maíz con sistema de cilindro dentado.....	20
Figura 19 Desgranadora de maíz con sistema de aletas axiales.....	22
Figura 20 Ponderación de las alternativas.....	24
Figura 21 Resultado de la ponderación de alternativas.....	25
Figura 22 Sistema de desgranado manual.....	27
Figura 23 Determinación de la fuerza de arranque del maíz.	28
Figura 24 Diagrama de cuerpo libre del dado desgranador.	28
Figura 25 Aplicación de la fuerza en el dado.....	30
Figura 26 Simulación de desplazamiento.	31
Figura 27 Factor de seguridad.....	32
Figura 28 Criba.	33
Figura 29 Cilindro con los dados desgranadores.	34
Figura 30 Comparación de volúmenes entre criba y cilindro.	37
Figura 31 Sistema de transmisión de la máquina desgranadora.	43

Figura 32 Selección del perfil de la banda.	44
Figura 33 Fuerzas en la banda.....	48
Figura 34 Elementos que soporta el eje.	51
Figura 35 Diagrama del cuerpo libre del eje.....	52
Figura 36 Diagrama de cargas, fuerza cortante y momentos.	53
Figura 37 Área de un cono.	65
Figura 38 Flujo de aire en el ventilador.	67
Figura 39 Álabes del ventilador.	69
Figura 40 Distribución de peso en la estructura.....	70
Figura 41 Distribución de peso en la bancada.	71
Figura 42 Simulador de carga.	72
Figura 43 Simulación de desplazamiento.	73
Figura 44 Factor de seguridad.....	73
Figura 45 Simulador de carga.	74
Figura 46 Simulación de desplazamiento.	75
Figura 47 Factor de seguridad.....	75
Figura 48 Muestras de varios tipos de maíz.....	82
Figura 49 Maíz a experimentar.	83
Figura 50 Ponderación de prueba 1.....	83
Figura 51 Ponderación de prueba 2.....	84
Figura 52 Resultados del producto terminado.	85
Figura 53 Ponderación de prueba 4.....	86

Índice de ecuaciones

Ecuación 1.....	28
Ecuación 2.....	29
Ecuación 3.....	29
Ecuación 4.....	36
Ecuación 5.....	37
Ecuación 6.....	38
Ecuación 7.....	39
Ecuación 8.....	39
Ecuación 9.....	40
Ecuación 10.....	40
Ecuación 11.....	42
Ecuación 12.....	44
Ecuación 13.....	45
Ecuación 14.....	45
Ecuación 15.....	45
Ecuación 16.....	46
Ecuación 17.....	47
Ecuación 18.....	47
Ecuación 19.....	48
Ecuación 20.....	48
Ecuación 21.....	49
Ecuación 22.....	50
Ecuación 23.....	51
Ecuación 24.....	54
Ecuación 25.....	55
Ecuación 26.....	56
Ecuación 27.....	56
Ecuación 28.....	57
Ecuación 29.....	57

Ecuación 30.....	58
Ecuación 31.....	58
Ecuación 32.....	59
Ecuación 33.....	60
Ecuación 34.....	61
Ecuación 35.....	62
Ecuación 36.....	62
Ecuación 37.....	64
Ecuación 38.....	65
Ecuación 39.....	67
Ecuación 40.....	67
Ecuación 41.....	68

Índice de anexos

Anexo a: Manual de operación.....	93
Anexo b: Mantenimiento.....	95
Anexo c: Tablas de datos para cálculos de diseño.....	97
Anexo 1 Características del maíz.	97
Anexo 2 Características técnicas de una desgranadora.	98
Anexo 3 Factor de servicio potencia corregida.	99
Anexo 4 Potencia de motor de combustión interna.	100
Anexo 5 Diámetro mínimo recomendado para poleas.	101
Anexo 6 Tipo de banda.....	102
Anexo 7 Coeficientes de rozamiento de poleas.	103
Anexo 8 Dimensiones y pesos de tuberías de acero.	104
Anexo 9 Propiedades del acero AISI 4140.....	105
Anexo 10 Resistencia a la tensión del acero AISI 4140.....	106
Anexo 11 Dimensiones de chaveteros y chavetas.	107
Anexo 12 Factores de aplicación de carga.	108
Anexo 13 La vida individual de un rodamiento.	109
Anexo 14 Densidad del aire ambiente para varias alturas.	110
Anexo 15 Características técnicas de ventiladores centrífugos.	111
Anexo 16 Dimensiones de perfiles angulares.....	112
Anexo 17 Dimensiones de perfiles tipo correa.....	113
Anexo 18 Pruebas de humedad de varios tipos de maíces.	114
Anexo d: Protocolo de pruebas.....	118
Anexo e: Fotografías de respaldo.....	120
Anexo f: Planos.....	124

Glosario de términos

Aventado: del verbo aventar cuyo significado es lanzar el grano al aire para que se limpie de las impurezas.

Costal: saco de tela grande que se emplea generalmente para el transporte de granos o semillas.

Criba: instrumento consistente en una lámina metálica o de cualquier otro material agujerada que sirve para cernir, limpiar o separar granos de distintos tamaños.

Gorgojo: insecto de tipo coleóptero de cuerpo ovalado que ataca diversas semillas de cereales y legumbres convirtiéndose en graves plagas.

Harnero: especie de criba que se utiliza para limpiar de impurezas las semillas.

Mazorca: fruto de algunas plantas como la del maíz que se presenta en forma de espiga con granos muy juntos.

Racimo: conjunto de granos de uva o de cualquier otro fruto que crecen sostenidos en un mismo tallo.

Tamiz: cedazo empleado para separar las partes finas de las gruesas de varias cosas y está formado por una tela o rejilla tupida.

Tolva: depósito en forma de caja abierto por abajo que tiene la forma de cono invertido o tronco de pirámide donde se colocan granos u otras cosas para que caigan poco a poco dentro del mecanismo destinado para la aplicación correspondiente.

Trillado: del verbo trillar que significa triturar el cereal que ya está maduro y cortado para separar el grano de la paja.

Tusa: parte central de la mazorca cuando se le quitan los granos de maíz.

Zuro: corazón de la mazorca del maíz después de quitarle los granos.

Resumen

El presente proyecto tiene el propósito de diseñar y construir una máquina para el proceso de desgranado de maíz, mediante la selección adecuada de los materiales y elementos que la conforman.

En el capítulo I se realiza el estudio de la historia, generalidades del maíz tales como clasificación, características, secado y métodos de desgranado. También se menciona la producción del maíz a nivel nacional.

Se plantea también tres alternativas de diseño de desgranadoras, como primera alternativa una máquina con sistema de disco dentado, como segunda opción una máquina desgranadora de dientes de espiga, y finalmente una máquina desgranadora de aletas axiales. Por último se escoge la alternativa más conveniente que cumpla con todos los requerimientos.

En el capítulo II se procede al diseño mecánico de la máquina considerando fuerzas, velocidades, potencias, para dimensionar y adecuar cada componente, teniendo en cuenta los factores externos para su construcción. Se elabora el plano general de la máquina y de los elementos de la desgranadora de maíz especificando sus dimensiones y tolerancias.

En el capítulo III se elabora un estudio de costos con la finalidad de determinar la cantidad de inversión realizada que incluye los materiales, mano de obra, etc., con el fin de encontrar el costo total del proyecto.

Se realiza además un análisis experimental con diferentes tipos de maíces para determinar que humedad es la más conveniente para el desgranado. También se adjunta las respectivas conclusiones, recomendaciones y finalmente como anexos se tiene los planos técnicos de la máquina, fotografías, tablas, etc.

Abstract

The aims of this Project are to design and built a machine for the process of removing the kernels from corn, by the proper selection of materials and elements, to obtain an efficient and high performance machine with easy handling and clean removal of kernels.

The Chapter I describes a study of the general history of corn, including botanical description, characteristics, classification, drying, and methods of kernel removal. Also mentioned the production of corn the national

Three alternative designs for kernel removal machines are considered, based on the necessity and demand of the machine. The first alternative considered is a machine with a toothed disk system; as a second option, a kernel removal machine with pin teeth; and finally a machine with axial fins. Finally, the most suitable alternative, which meets all the requirements, was selected.

The Chapter II we proceed to the mechanical design of the machine considering strength, speed, power, and adapt to size each component, taking into account external factors for its construction. The general drawings and the design sheets were designed for the corn kernel removal elements. The measurements and tolerances were established.

The Chapter III lays out the a cost analysis, aiming to determine the investment amount for the materials, labor, normalized elements, among others, in order to find the total cost of the project. In this chapter also includes the conclusions and recommendations. Finally the annexes contain the technical drawings of the machine as well as extra documents such as photos, charts, etc.

Introducción

El maíz es uno de los cultivos de mayor importancia para la economía de los productores de las provincias de la Sierra. En estas provincias se siembran varios tipos de maíces, siendo el principal el duro seco utilizado para la elaboración de tostado, el cual para su comercialización se debe desgranar, existiendo pocos sectores que poseen máquinas especiales para realizar este proceso, la mayoría de agricultores continúan desgranando manualmente.

Debido al aumento de la demanda de maíz, los agricultores de la provincia del Carchi se ven en la necesidad de implementar medidas que mejoren su producción, razón por la cual el presente proyecto tiene la finalidad de contribuir con los comerciantes para que incrementen su producción y puedan satisfacer la demanda en el mercado, siendo Ibarra y Quito sus principales compradores.

La construcción de una desgranadora de maíz, máquina que aportará beneficios al comerciante, como la capacidad de desgranar de manera rápida, fácil y sencilla, reduciendo costos, tiempo y además cuidar la inversión de los pequeños productores y comerciantes, el disminuir los métodos tradicionales y monótonos de varios años que eran causantes de lesiones y demoras en los agricultores.

Objetivos:**Objetivo general:**

- Diseñar y construir una máquina desgranadora de maíz con una capacidad de 15qq/hora.

Objetivos específicos:

- Realizar el diseño de la máquina tomando en cuenta el volumen de producción establecido, garantizando el funcionamiento correcto de la desgranadora.
- Estudiar, seleccionar y adquirir adecuadamente los materiales que componen los sistemas necesarios para el correcto funcionamiento de la máquina.
- Construir la desgranadora de manera que sea de fácil manejo y ensamblaje con el fin de facilitar la operación y el mantenimiento.
- Determinar mediante un análisis experimental el grado de humedad más óptimo para un mejor desgranado.
- Verificar que revoluciones del motor son las más adecuadas para que el grano salga entero y además su rendimiento sea mejor.

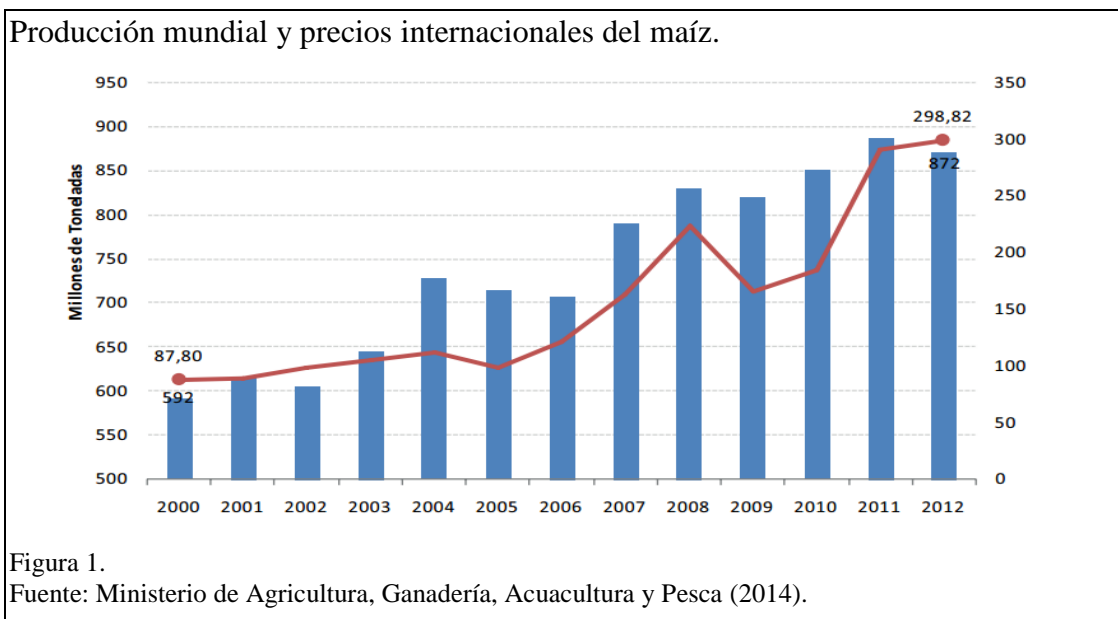
Capítulo 1

Marco teórico

1.1 Antecedentes

El maíz ha sido el cereal del continente americano llegando a estar entre los productos que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y a inicios del siglo XXI. En América Latina, el maíz sigue siendo un elemento importante para la supervivencia de los campesinos e indígenas que habitan en la mayoría de países del continente (Hernández, 2009, pág. 2).

La producción mundial del maíz entre el año 2000 al 2014 creció 47,19%. En el año 2000 se produjo 592 millones de toneladas, en cambio en el 2014 la producción fue de 872 millones de toneladas. De igual forma, los precios a nivel internacional también se han incrementado (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2014). En la siguiente figura se indica la producción mundial del maíz.



Desde el año 2000 hasta el 2014, en el Ecuador la producción de maíz aumentó 188% gracias al empleo de semillas con mayor rendimiento, además los precios en el mercado internacional aumentaron al igual que la demanda en la agroindustria pasando de 423 mil toneladas de producción en el año 2000 a 1,22 millones de toneladas en el

2014. Ecuador y Colombia producen maíz en cantidades similares, siendo superados por Perú. La provincia ecuatoriana que produce mayor cantidad de maíz es Los Ríos con 4,56 Tm/ha, en cambio la provincia con la menor producción de maíz es Manabí con 2,20 Tm/ha (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2014). La producción nacional de maíz se muestra en la figura siguiente.

Producción nacional de maíz.

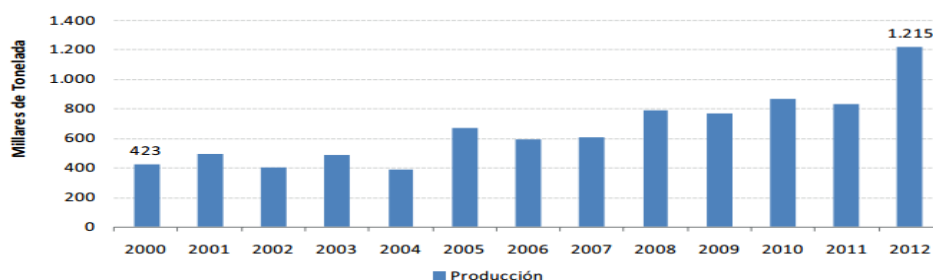


Figura 2.

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2014)

Para que la planta de maíz tenga un desarrollo normal de cultivo, requiere una temperatura entre los 22 a 32°C y una precipitación por ciclo entre 600 a 2000 mm de agua y entre 1000 y 2000 horas de sol. Cuando existe faltante de agua, los agricultores utilizan riego para no perder sus cultivos (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2014).

El maíz duro seco se cultiva prácticamente en todo el país pero principalmente en la provincia de Guayas y de Los Ríos abarcando el 73,41% de la producción nacional según datos del INEC (2009). En la siguiente figura se observa la superficie sembrada del maíz duro seco en el Ecuador.

Superficie sembrada del maíz duro seco.

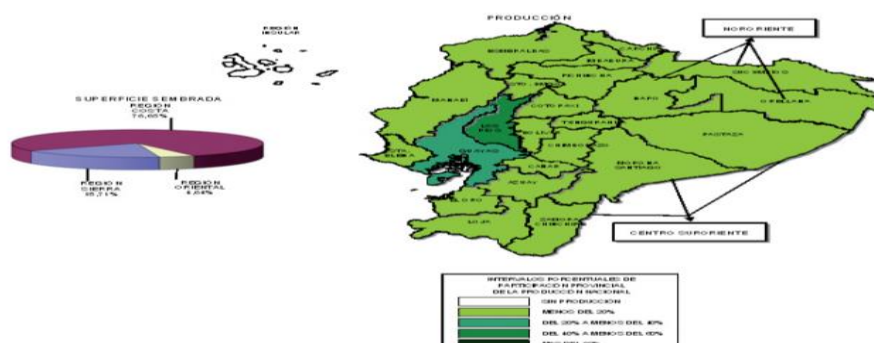


Figura 3.

Fuente: INEC (2009, pág. 19).

1.2 Definición

A nivel mundial el maíz es considerado uno de los granos más importantes para el consumo tanto para humanos como para animales gracias a los nutrientes que posee, además se produce en todos los continentes. Existen varios colores de maíces siendo el más abundante el amarillo, también hay maíces rojos, marrones, naranjas dependiendo del sector y el clima. El tamaño es pequeño y crece como si fuera un racimo compacto que tiene el nombre de mazorca. A continuación se presentan varios tipos de maíz.

Tipos de maíz.



Figura 4.

Fuente: Yabur (2013).

1.3 Principales tipos de maíz

Existe una gran variedad de maíces tanto en el aspecto, composición y color del grano que se adaptan a las diferentes altitudes, suelos y ecosistemas. De acuerdo con FAO (s.f.) los principales tipos de maíz son:

1.3.1 Maíz duro.

Se caracteriza por tener granos de consistencia dura, son redondos y suaves al tocarlos. No suelen ser atacados por insectos y tienen buena germinación lo que les ayuda a crecer en partes frías y húmedas. Las mazorcas son delgadas y alargadas.

1.3.2 Maíz dentado.

El rendimiento del maíz dentado es mejor en relación con los diferentes tipos de maíces haciendo que su uso sea mayor. Cuando el grano se seca adquiere la forma de un diente pero es más fácil que sea atacado por insectos. Los maíces de color blanco

sirven de alimento para los seres humanos, en cambio los de color amarillo se emplean para los animales.

1.3.3 Maíz reventón.

Los granos son considerablemente duros, su tamaño es pequeño, pueden ser redondos inclusive alargados. Cuando se les somete a temperaturas altas revientan siendo empleado principalmente para hacer canguil. La planta es pequeña y su grado de maduración es corto.

1.3.4 Maíz dulce.

El consumo de este tipo de maíz se lo realiza cuando la mazorca aún está tierna. Se llama dulce debido a que los granos poseen un alto contenido de azúcar. Se cosecha antes de que se empiece a endurecer. El rendimiento es bajo y requieren mayor cuidado en su crecimiento para evitar que contraiga alguna enfermedad.

1.3.5 Maíz harinoso.

Se caracteriza por contener granos muy blandos incluso cuando alcanzan su madurez. Los tamaños y colores cambian de acuerdo a la zona donde se cultiven y se utilizan solo para consumo humano. Para su preparación se tuestan.

El morocho es otra variedad de maíz que se forma mezclando maíces harinosos con maíces duros haciendo que sea más tolerante a enfermedades. Se utilizan tanto para consumo humano como para animal.

1.4 Características físicas

La riqueza genética de la Sierra ecuatoriana ha permitido que establecimientos como INIAP genere variedades de maíz de altura mejoradas. Las variedades corresponden a una raza tratada genéticamente para resistir plagas y aumentar su producción agrícola.

La Sierra ecuatoriana cuenta con ocho variedades certificadas por el programa de maíz del INIAP. A continuación se encuentran sus características físicas y sus características técnicas en las siguientes tablas.

Tabla 1.
Características físicas de diferentes tipos de maíz.

VARIEDAD	CÓDIGO	CARACTERÍSTICA	ZONA DE CULTIVO	PRODUCCIÓN ANUAL (Ha)
Maíz blanco precoz	I - 101	Blanco harinoso	Entre 2400 y 3000 msnm	ND
Blanco blandito mejorado	I - 102	Blanco harinoso	Chimborazo	25.000
Guagal Mejorado	I - 111	Blanco harinoso	Bolívar	23.000
Chauchó mejorado	I - 122	Amarillo, Harinoso	Imbabura	20.000
Mishca Mejorado	I - 124	Amarillo, harinoso	Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua	56.000
Chulpi Mejorado	I-192	Chulpi	Entre 2400 y 2800 msnm	ND
Morocho blanco	I-160	Morocho, Blanco	Imbabura, Pichincha y Chimborazo	ND
INIAP 180	I-180	Morochillo	Entre 2400 y 2800 msnm	ND

Nota: Fuente: INIAP (2013).

Tabla 2.
Características técnicas del maíz.

CARACTERÍSTICAS					
Nº	CÓDIGO INIAP	HUMEDAD (%)	DÍAS DE COSECHA	TAMAÑO DEL GRANO(mm.)	RENDIMIENTO COMERCIAL
1	INIAP 101	7.63	205	ND	140u/qq
2	INIAP 102	6.38	270	8	220u/qq
3	INIAP 103	10.43	ND	7.5	ND
4	INIAP 111	ND	265	7	130u/qq
5	INIAP 122	13.03	225	8	125u/qq
6	INIAP 124	13.78	258	6	ND
7	INIAP 160	10.93	224	ND	ND

Nota: Fuente: INIAP (2013).

1.4.1 Medida de la masa.

Se colocó 100 granos de maíz equivalente a una mazorca desgranada en una balanza electrónica en donde se obtuvo un valor de 0.066 Kg tal como se muestra a continuación.

Medición de masa de los granos de maíz.



Figura 5.

Tomado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Se colocó una mazorca promedio en una balanza electrónica dando como resultado 0.082 kg.

Medición de masa del maíz.



Figura 6.

Tomado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

En la siguiente tabla se exponen valores de masa en granos de maíz y mazorca entera.

Tabla 3.

Mediciones de masa del grano y mazorca del maíz INIAP 122.

CARACTERISTICAS				
Nº	CÓDIGO INIAP	MASA EN 50 GRANO(kg)	MASA EN 100 GRANOS(kg)	MASA DE LA MAZORCA(kg)
1	INIAP 122	0.030	0.066	0.082

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

1.4.2 Fuerza de arranque.

Para este experimento se determinó la fuerza de arranque de los granos de la mazorca mediante un dinamómetro tal como se observa en la figura. Se considera que el dedo pulgar de la mano promedio arranca de 10 a 20 granos de maíz.

Medición de fuerza de arranque del maíz.



Figura 7.

Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

A continuación se indica el valor promedio de la fuerza con la que se arranca el maíz manualmente.

Tabla 4.
Fuerza de arranque manual del maíz.

INIAP 122	
EXPERIMENTO	FUERZA ARRANQUE DE 30A40 GRANOS (Kgf)
1	3.5
2	2.6
3	3.4
4	3.1
5	3.5
6	3.3
7	2.8
8	2.4
9	3
10	2.7
Promedio	3.03

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Para el desarrollo del proyecto se seleccionó el maíz INIAP 122 que cumple con las características de la región en la zona de cultivo, y destino de la desgranadora.

1.5 Secado del maíz

El secado es la forma más antigua y sana de preservar alimentos. Consiste en la retirada de una parte del agua contenida en sus tejidos y células hasta un valor aceptable para evitar la putrefacción y pérdida de los mismos.

El grano de maíz que se cultiva puede llegar alrededor del 30% de humedad al momento de su maduración en la mazorca, es cuando los agricultores recomiendan su cosecha (FAO, 2015).

1.5.1 Métodos de secado.

Existen básicamente dos métodos para el secado, secado natural y secado artificial.

1.5.1.1 Secado natural o solar.

Los pequeños agricultores usan métodos tradicionales y económicos de secado dejando expuesto a las corrientes de aire a la temperatura del medio ambiente, doblando la planta de maíz dejando secar en pie por un mes o más, hasta que el contenido de agua del grano de maíz haya caído a menos de 15%. (FAO, 2015).

Sus desventajas son que no se pueden utilizar este método durante todo el año debido al cambio climático que sufre la región, el producto puede sufrir daños como: el viento que tumba las plantas con las mazorcas más pesadas, el ataque de plagas e insectos (gorgojo del maíz), además la lluvia puede proliferar moho en la mazorca.

Secado del maíz.



Figura 8.
Fuente: FAO (2015).

1.5.1.2 Secado artificial.

Para que se puedan aumentar las producciones agrícolas es necesario secar los productos en plazos relativamente cortos, y en cualquier condición ambiental. Por tanto hay que recurrir al secado artificial, mediante un ventilador se hace pasar el aire caliente hacia el producto a secar, situado en la cámara de secado. Los métodos de secado a altas temperaturas llegan a utilizar grandes flujos de aire con temperaturas que pueden alcanzar los 1000°C siendo esto una gran ventaja sobre otras maneras de secado debido a la velocidad con la que se secan los productos agrícolas (FAO, 2015). En la siguiente figura se observa el proceso de secado artificial del maíz.

Secado artificial del maíz.

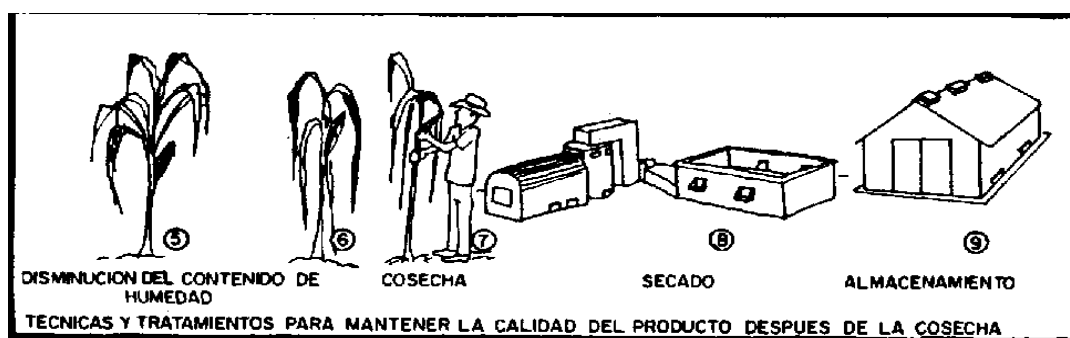


Figura 9.

Fuente: FAO (2015).

1.6 Determinación de la humedad

En el campo los agricultores determinan el secado del maíz mediante métodos empíricos. Estos métodos basados en la experiencia de cada agricultor de la zona de cultivo, el cual le da una estimación aproximada del grado de humedad dada por su percepción (tacto, vista, olfato) y de ciertas características físicas que poseen los granos. (Ureña & Villavicencio, 2012, pág. 15).

El agricultor con experiencia presiona el grano con la uña, quiebra el grano con el diente, percibe el olor de la mazorca, todos estos métodos empíricos ayudan al agricultor a conocer su dureza y determinar su grado de humedad.

Existen agricultores que no poseen la experiencia necesaria para determinar empíricamente, para mayor certeza usan el método de la sal que consiste en colocar un puñado de granos o semillas en una botella seca de vidrio agregándole un par de cucharaditas de sal seca para luego ser agitada durante un minuto y dejar reposar por 15 minutos. Si la sal se pega a las paredes de la botella, significa que el grano o semilla tienen todavía más del 15% de humedad. (Observatorio Regional de Innovaciones Tecnológicas en cadenas de maíz y frijol, 2013, pág. 19).

Para el proceso de desgrane del maíz el porcentaje de humedad debe ser del 13% al 15% para garantizar una buena conservación. Si la humedad sobrepasa este valor se debe secar por unos días más exponiéndolos directamente al sol o secándolos artificialmente para un rápido secado. (Ureña & Villavicencio, 2012, pág. 16).

1.7 Procesos de desgranado

Para conseguir un desgranado eficiente, el grado de humedad del maíz debe estar alrededor del 13% al 15%. Existen algunos métodos de desgranado que se especifican a continuación. (Ureña & Villavicencio, 2012).

1.7.1 Desgranado manual.

Existen algunas formas de desgranado manual, entre las principales se tiene:

1.7.1.1 Desgranado con los dedos.

Una manera para desgranar el maíz es haciendo presión con los dedos pulgares sobre los granos hasta que se desprendan de la tusa. Este método es el más sencillo y tradicional pero para cosechas grandes se necesita gran cantidad de mano de obra. La ventaja es que se puede eliminar los granos dañados (Observatorio Regional de Innovacones Tecnológicas en cadenas de maíz y frijol, 2013).

Desgranado con los dedos.



Figura 10.

Fuente: Observatorio Regional de Innovacones Tecnológicas en cadenas de maíz y frijol (2013, pág. 9).

1.7.1.2 Desgranado en sacos.

Consiste en colocar las mazorcas en un saco o costal procediendo a golpearlas con un palo hasta conseguir que los granos se desprendan de la tusa. Este método es más rápido que el desgranado con los dedos pero el inconveniente que presenta es que el grano se quiebra (Observatorio Regional de Innovacones Tecnológicas en cadenas de maíz y frijol, 2013).

Desgranado en sacos.



Figura 11.

Fuente: Observatorio Regional de Innovaciones Tecnológicas en cadenas de maíz y frijol (2013, pág. 9).

1.7.1.3 Desgranado mediante tusas.

Este método de desgranado consiste en friccionar una mazorca con otra haciendo que el grano se desprenda. También se desgrana el maíz friccionando la mazorca con las tusas, como se observa en la siguiente figura.

Desgranado con tusas.



Figura 12.

Fuente: Maíces del Nansa (2013).

1.7.1.4 Desgranado mediante tabla de madera.

Consiste en utilizar una tabla de madera en forma de raqueta provista de un agujero central y cuatro bordes sobresalientes donde se introduce la mazorca y se gira la tabla haciendo que el grano se desprenda. La ventaja de este método es que el costo es muy bajo y su manejo es sencillo. La desventaja es que los bordes de la tabla se desgastan con rapidez (Observatorio Regional de Innovaciones Tecnológicas en cadenas de maíz y frijol, 2013).

Desgranado mediante tabla de madera.



Figura 13.

Fuente: Observatorio Regional de Innovaciones Tecnológicas en cadenas de maíz y frijol (2013, pág. 10).

1.7.1.5 Desgranado mediante grapas.

Este tipo de desgranado se lo realiza en una tabla provista de grapas en la cual se frota la mazorca hasta que los granos se desprendan de la tusa.

1.8 Desgranado mecánico

El desgranado mecánico para su operación posee dos formas de energía dependiendo su ubicación, sin dejar de cumplir su objetivo de desgrane.

La desgranadora es una máquina apta para separar los granos de maíz de la mazorca. Está compuesta por una tolva, cuya función es depositar y conducir las mazorcas que se van a desgranar. También cuenta con un eje que se encarga de desgranar y su accionamiento se realiza por medio de un motor ya sea de combustión o eléctrico dependiendo de la necesidad. Finalmente dispone de una conducción de salida de los granos para su recolección.

Las desgranadoras que funcionan con motor de combustión interna (gasolina o diésel) se emplean preferentemente para condiciones ambientales desfavorables, su diseño es para trabajo duro. Generalmente estas máquinas son utilizadas para cualquier tipo de grano por su regulación en el motor. Su potencia empleada está entre los 10 a 16HP.

Las desgranadoras que funcionan con energía eléctrica se emplean normalmente cuando la máquina va a permanecer en un solo lugar, por lo que se las

considera estacionarias, además la producción del maíz no es tan eficiente comparado con una máquina que funcione con gasolina o diésel. Su potencia empleada está entre 1 a 10 HP.

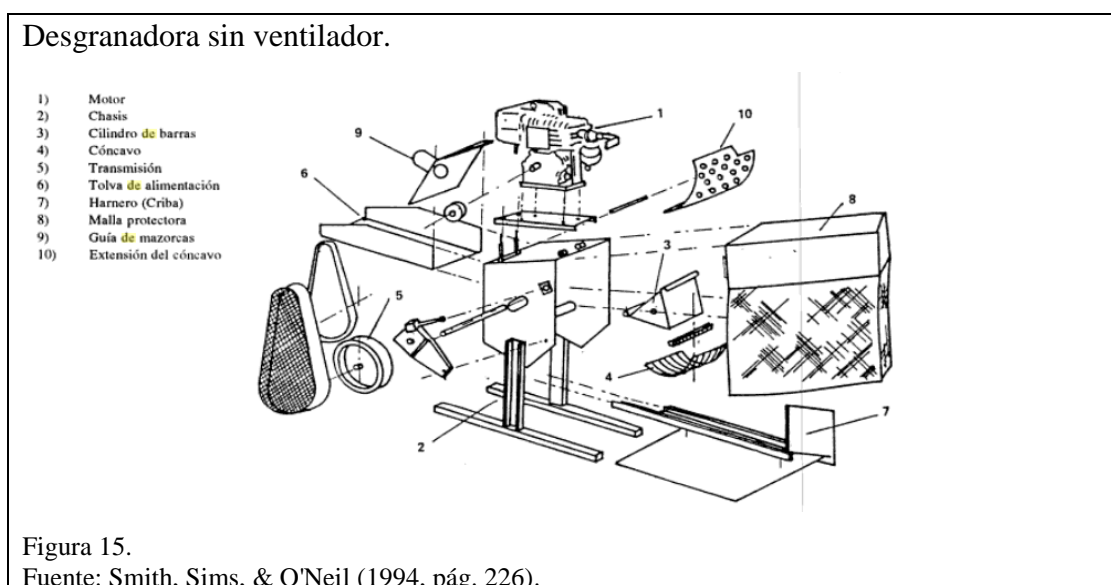
En la siguiente figura se muestran varios modelos de desgranadoras mecánicas.



1.8.1 Clasificación de las desgranadoras.

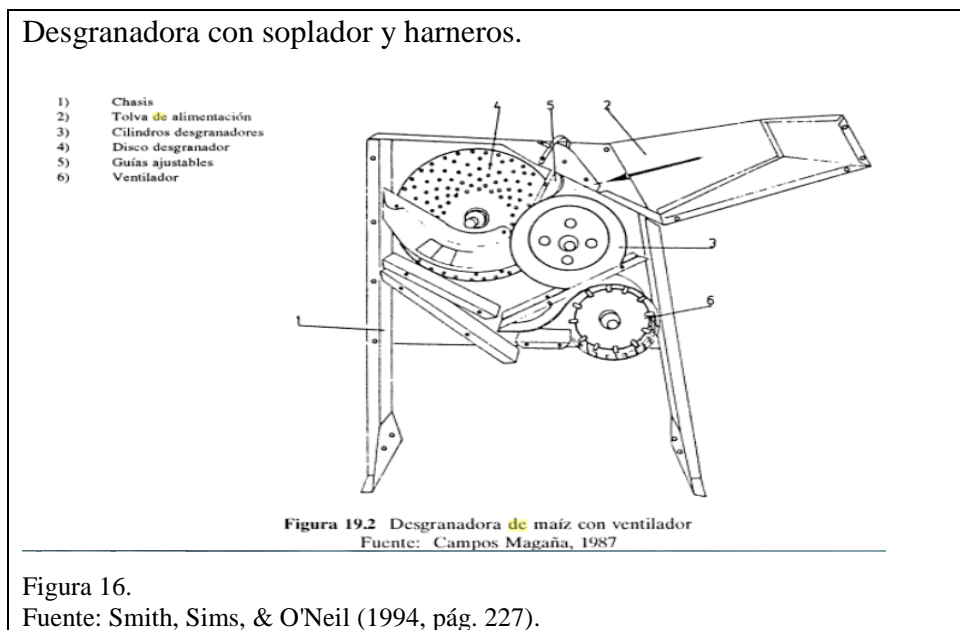
1.8.1.1 Desgranadora sin ventilador.

Es una desgranadora que no posee ventilador, la separación de las mazorcas sin granos (zuros o tusas) y hojas se hace en operaciones diferentes tales como el trillado y aventado. (Smith, Sims, & O'Neil, 1994).



1.8.1.2 Desgranadora con soplador y harneros (cribas).

En este tipo, gracias a la corriente de aire que genera un ventilador se puede separar los pedazos pequeños de mazorca sin granos y hojas inclusive los pedazos grandes de mazorcas son también separados de los granos. (Smith, Sims, & O'Neil, 1994). En la siguiente figura se puede apreciar una desgranadora con soplador.



1.9 Estudio y selección de alternativas

Al seleccionar una alternativa, es de notable importancia estudiar cada sistema o proceso que envuelve el diseño de la máquina. Se analizará sistemas existentes en el mercado para seleccionar la mejor alternativa.

1.9.1 Sistemas de desgranado.

Es muy importante saber los sistemas de desgranadoras y sus principales procesos ya que de eso depende la calidad en la que se obtendrá el maíz durante el desgranado. La mayor eficiencia en el diseño de los sistemas permitirá conseguir los granos limpios y enteros, por ende, se define las siguientes alternativas:

- Alternativa A: Sistema de disco dentado.
- Alternativa B: Sistema de dientes de Espiga.
- Alternativa C: Sistema con aletas Axiales.

1.9.1.1 Sistema de disco dentado.

Elementos principales:

- Tolva
- Poleas
- Motor Eléctrico
- Eje Motriz
- Tamiz
- Disco Desgranador
- Estructura Pequeña

Funcionamiento:

Una vez encendida la máquina, el sistema de transmisión permitirá el funcionamiento del mecanismo, se colocará uno a uno en la tolva pequeña el maíz, este previamente deshojado, el producto se deslizará al disco dentado con espigas, que a su vez arrastra la mazorca friccionándolo en torno al disco en movimiento, el grano cae en los pequeños orificios del disco para su recolección, finalmente las tusas caen por la boca inferior.

La ubicación de los dientes en el tambor se lo realiza en forma de zig zag.

Ventajas:

- Se puede aplicar el desgranado de maíz semi duro y suave.
- Fácil transportación para su labor.
- Su costo es muy económico por su tamaño.
- No necesita mantenimiento continuo en su mecanismo.

Desventajas:

- No se puede ocupar en terrenos ni parcelas grandes.
- Con aumento de la velocidad puede destruir el maíz suave.
- Capacidad baja producción de desgranado.
- No posee ventilador para limpiar impurezas de desgranado.
- Estructura inestable.

A continuación se muestra una desgranadora con sistema de disco dentado.

Desgranadora de maíz con sistema de disco dentado.

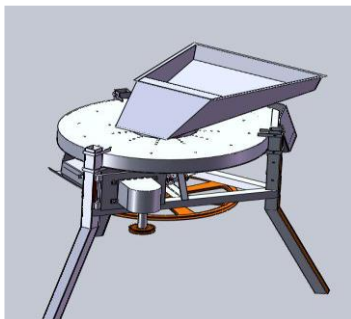


Figura 17.

Fuente: Yáñez Camacho (2010, pág. 74).

1.9.1.2 Sistema de cilindro dentado.

Elementos principales:

- Tolva
- Poleas
- Motor de combustión interna
- Cilindro desgranador
- Tamiz
- Ventilador
- Estructura mediana
- Criba

Funcionamiento:

Una vez encendida la máquina el sistema de transmisión por banda permitirá el funcionamiento del mecanismo, se colocará en la tolva el maíz, este previamente deshojado, después se deslizará al cilindro desgranador, en donde el maíz llega a ser desgranado.

Los granos caerán en un primer filtro llamado criba que separa la tusa del grano que se encuentra rodeando a todo el cilindro, estos a su vez caerán en un segundo filtro llamado tamiz que limpiará el grano de las plumas que puedan tener para finalmente recoger el maíz en costales.

Las tusas llegan a ser expulsadas por el ventilador que tiene incorporado a un costado del mecanismo, con el objetivo que sea autolimpiable y garantizando que no exista atascos en el tambor desgranador.

La ubicación de los dientes en el cilindro se lo realiza en forma de un tornillo sin fin. La fricción es directamente proporcional a la distancia entre el cilindro y los dientes, que están representado en la siguiente figura.

Ventajas:

- Se puede aplicar el desgranado de cualquier tipo de maíz seco.
- Se puede emplear motor de combustible o eléctrico.
- Su rendimiento es mucho mayor en desgranado de disco.
- Su construcción es sencilla y su costo es moderado.
- Posee un ventilador para limpiar impurezas de desgranado.
- Se puede laborar en grandes extensiones de terreno.
- El sistema de transmisión es fijo por lo cual las bandas no se destemplan.

Desventajas:

- La estructura tiene mediano grado de peso.
- No desgrana maíz suave o tierno.
- Alto consumo de energía eléctrica.

Desgranadora de maíz con sistema de cilindro dentado.



Figura 18.
Fuente: Weiku (2012).

1.9.1.3 Sistema con aletas axiales.

Elementos principales

- Tolva
- Poleas o Cadenas
- Motor Combustión Interna
- Cilindro Desgranador
- Tamiz
- Criba
- Chasis Transportador
- Ventilador
- Estructura Grande

Funcionamiento:

Una vez encendida la máquina el sistema de transmisión por bandas o cadenas permitirá el funcionamiento del mecanismo, la tolva es de tamaño mayor el cual se introduce en grandes cantidades el maíz, a su vez caerán a un cilindro con aletas radiales que desgranarán por impacto, los granos caerán a la criba que separa el grano de la tusa para ser recogido, al final del cilindro las tusas serán expulsadas por el ventilador.

Las aletas en el cilindro están ubicadas en el contorno del mismo. Por el incremento de algunos elementos para su construcción la desgranadora llega a tener un peso adicional al cual es necesario un chasis de transportación.

Ventajas:

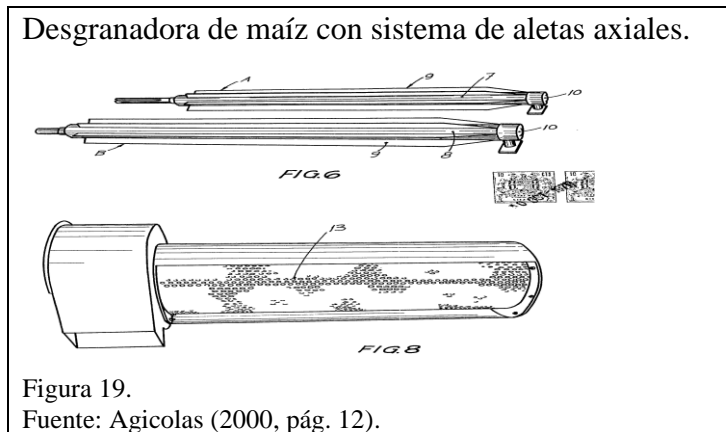
- Se puede aplicar en desgranado de cualquier tipo de maíz seco.
- Se puede emplear motor de combustión.
- Tiempo reducido en el proceso de desgranado.

Desventajas:

- La estructura es de mayor proporción.
- Con altas velocidades llega a romper el grano.
- Su construcción lleva un alto costo.

- Produce contaminación auditiva.
- Su transportación es muy complicada por su tamaño.
- Su mantenimiento es muy costoso y demoroso.

A continuación se indica una desgranadora con sistema de aletas axiales.



1.9.2 Análisis de alternativas.

Con el propósito de cumplir con los objetivos trazados, debemos seleccionar la mejor alternativa, en la cual se tomará en cuenta los siguientes parámetros:

- Costo
- Rendimiento
- Consumo de Energía
- Tamaño
- Materiales
- Mantenimiento
- Confiabilidad y Seguridad

1.9.2.1 Costo.

Es importante realizar una evaluación de costos generales para el diseño y la construcción de la máquina desgranadora.

1.9.2.2 Rendimiento.

Factor a tomar en consideración para el diseño de la máquina además del volumen de producción que se desea obtener de maíz desgranado por hora.

1.9.2.3 Consumo de energía.

Factor importante para el funcionamiento de la máquina, mientras mayor sea la potencia del motor mayor el costo de la desgranadora.

1.9.2.4 Tamaño.

Factor a tomar en cuenta para la cantidad de la masa relacionada con el área de trabajo que llegue a utilizar, tomando en cuenta que el tamaño influye con la producción que se requiere.

1.9.2.5 Materiales.

Evaluación de los materiales existentes en el mercado para la facilidad de adquisición y la adecuada construcción de la maquina como también de todo los elementos normalizados.

1.9.2.6 Mantenimiento.

Factor que define en la facilidad que el operador podrá enfrentarse al momento de realizar el mantenimiento para armar y desarmar todo los elementos de la máquina.

1.9.2.7 Confiabilidad y seguridad.

Factor importante de la máquina debido que va ser manipulada por un operario no calificado. Es fundamental brindarle una adecuada seguridad.

En la siguiente tabla se expone los valores a utilizar, tomando el menor valor como inadecuado y el mayor valor como satisfactorio, en una escala del 0 al 10.

Tabla 5.
Valores a utilizar.

DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN
Inadecuado	0-2
Adecuado	3-5
Satisfactorio	6-8
Muy Satisfactorio	9-10

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

La Tabla 6 y Figura 20 muestran la ponderación de las alternativas, evaluando cada parámetro previamente seleccionado con la finalidad de seleccionar la mejor

opción para el proceso de desgranado de maíz. Los valores a continuación se estudiaron en todo sus aspectos, reflejando valores con criterio de ingeniería para la ejecución de este proyecto.

Tabla 6.
Valoración de las alternativas.

	ALTERNATIVAS			
Nº	Parámetros	A	B	C
1	Costo	10	8	5
2	Rendimiento	7	10	10
3	Consumo de Energía	8	7	4
4	Tamaño	8	8	6
5	Materiales	10	10	10
6	Mantenimiento	8	10	8
7	Confiabilidad y Seguridad	7	10	10
	TOTAL	58	63	53

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Ponderación de las alternativas.

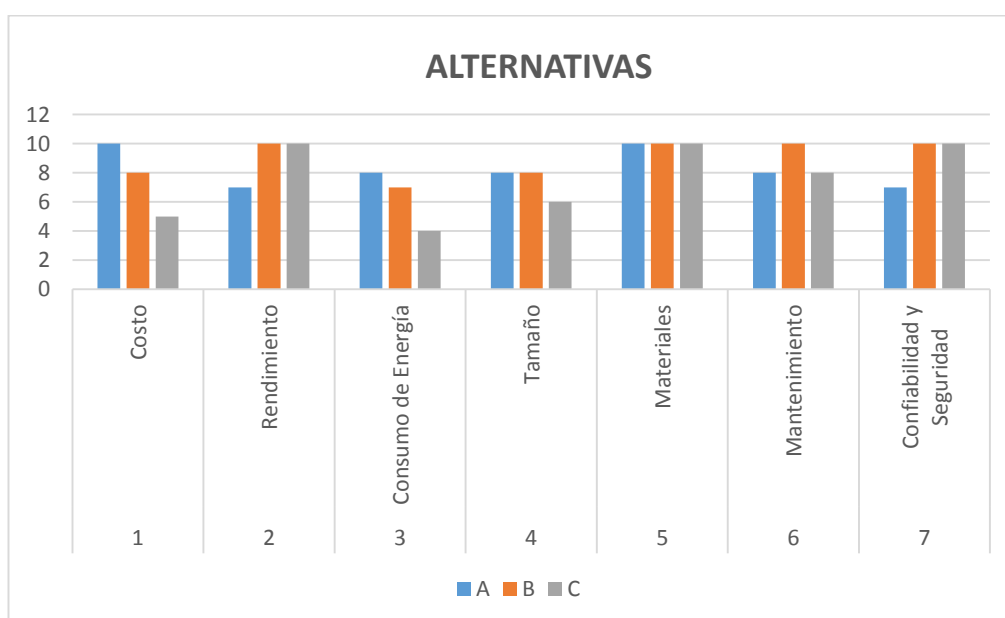
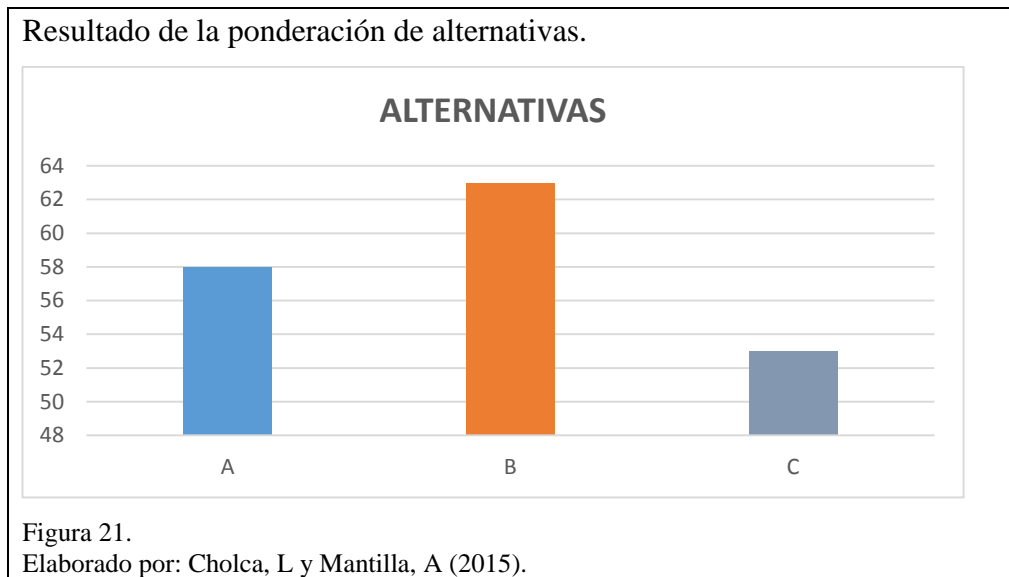


Figura 20.

Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

A continuación en la siguiente figura se indica el resultado de la ponderación de alternativas.



Como resultado la alternativa 2 presenta la puntuación más alta, por tanto es la que brinda mejor solución para el diseño de la máquina. En el capítulo siguiente se procede al cálculo de dimensiones de los componentes de la desgranadora.

Capítulo 2

Diseño de la desgranadora de maíz

En este capítulo luego de haber analizado las alternativas presentadas sobre máquinas desgranadoras de maíz, se procede a realizar el diseño de los diferentes componentes que constituyen la máquina, además de la selección de elementos normalizados que se puedan conseguir con facilidad en el mercado nacional.

Este diseño abarca los siguientes componentes del sistema:

- Sistema de desgranado.
- Sistema de transmisión.
- Análisis de estructura.

2.1 Sistema de desgranado

2.1.1 Capacidad de desgrane.

El requerimiento de la producción de desgranado es aproximadamente 15qq/hora, cada quintal de maíz contiene alrededor de 125 mazorcas que dependerán de su tamaño según datos proporcionados por catálogo (Anexo 1).

Para la determinación de tiempos y cantidad de producto desgranado se procede a relacionar:

Quintal [quintal]		Tiempo [minutos]
15	→	60
1	→	4

A continuación se establece la relación para determinar el volumen de producción.

Tiempo [minutos]		Maíz [unidad]
4	→	125
1	→	32

Mediante experimentos se llegó a determinar el peso del maíz promedio (Tabla 3) a este dato se resta un 10% del peso de la tusa.

$$m = \frac{32\text{mazorcas}}{1\text{minuto}} \times \frac{0.076\text{kg}}{1\text{mazorca}} \times \frac{2.2046\text{lbm}}{1\text{kg}}$$

$$m = 5.4\text{lbm}$$

La producción de maíz desgranado es de 5.4lb en un minuto, obteniendo así un volumen de producción de 20.95 lb en un quintal de maíz.

2.1.2 Dados desgranadores.

Los dados en la máquina cumplen la función de un dedo pulgar que en el desgranado manual se utiliza para arrancar varios granos de la tusa. Por esta razón el dado tiene un diámetro de $\frac{3}{4}$ " equivalente a 19.05mm y una longitud de 60mm asemejando las dimensiones de un dedo pulgar promedio.

Sistema de desgranado manual.



Figura 22.

Tomado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

2.1.3 Determinación de la fuerza de arranque del maíz.

Mediante ensayos en un dinamómetro se determinó que para arrancar un promedio de 35 a 45 granos de la tusa se emplea 3.03 kgf que equivale a 30.3 N, adicionalmente en las primeras hileras a desgranarse y la capacidad que se necesita, esta fuerza llega a aumentarse de 1.5 a 2 veces. En la siguiente figura se observa cómo se determinó la fuerza de arranque del maíz.

Determinación de la fuerza de arranque del maíz.



Figura 23.

Tomado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

2.1.4 Cálculo de reacciones y momentos.

Para este cálculo se procede a realizar sumatoria de fuerzas y momentos que intervienen en el dado. Existe una fuerza distribuida tal como se muestra en el diagrama de cuerpo libre. La carga distribuida se calculó con la siguiente ecuación:

$$F = q \times l \quad \text{[Ecuación 1]}$$

Donde:

F = fuerza desgranado

q = Carga distribuida

l = longitud del dado desgranador

$$q = \frac{F}{l} \quad (1)$$

$$q = \frac{45N}{0.06m}$$

$$q = 750 \frac{N}{m}$$

Diagrama de cuerpo libre del dado desgranador.

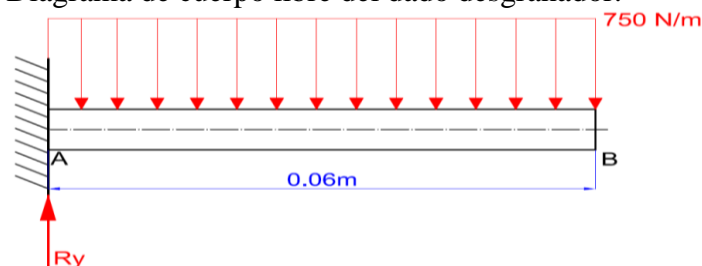


Figura 24.

Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

$$\Sigma F_y = 0$$

$$750 \frac{N}{m} \times 0.03m = R_y$$

$$R_y = 22.5N$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-750 \frac{N}{m} \times 0.03m \times 0.06m + M_A = 0$$

$$M_A = 1.35 Nm$$

2.1.5 Cálculo de esfuerzos.

El dado desgranador va estar sometido a esfuerzos de flexión y corte.

2.1.5.1 Esfuerzo de flexión.

Como se trata de un eje sólido con sección transversal redonda, se aplica la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3} \quad [\text{Ecuación 2}]$$

Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 355).

Donde:

σ = Esfuerzo de Flexión

M = Momento que interviene en el dado desgranador

d = Diámetro del dado desgranador

$$\sigma = \frac{32 \times 1.35 Nm}{\pi \times (0.01905m)^3}$$

$$\sigma_a = 1.989 MPa$$

2.1.5.2 Esfuerzo de corte.

$$\tau_{cortante} = \frac{4V}{3A} \quad [\text{Ecuación 3}]$$

Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 95).

Donde:

$$\tau_{cortante} = \text{Esfuerzo de corte}$$

$$V = \text{Fuerza cortante} = Ry$$

$$A = \text{Área del dado desgranador}$$

$$\tau_{cortante} = \frac{4 (22.5 \text{ N})}{3 \times (\pi \times 0.01905 \text{ m} \times 0.06 \text{ m})}$$

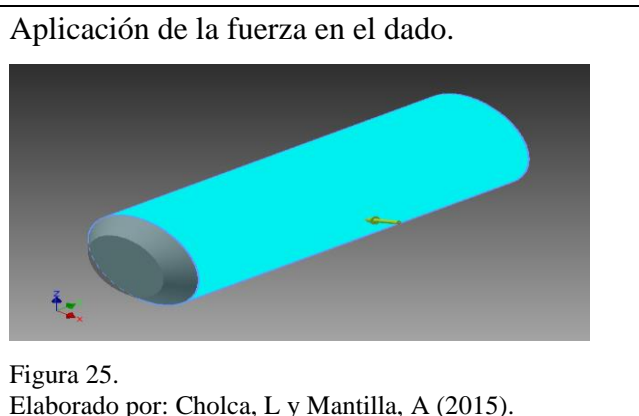
$$\tau_{cortante} = 8.354 \text{ KPa}$$

2.1.6 Análisis del dado.

Para el análisis del dado se utilizará la herramienta que Autodesk Inventor Professional brinda entre sus opciones, incluyendo cálculo de tensiones, deformación, y coeficiente de seguridad.

El dado cumple la función de desgranado del maíz, al cual está sometido a una fuerza de arranque que se desarrollará al momento de trabajar. La fuerza de arranque de los granos de maíz depende de la humedad del producto y la capacidad a producir, la fuerza de arranque está en un rango de (30-50) N.

Para realizar la simulación de desplazamiento y coeficiente de seguridad se empleará la carga máxima de desgranado de 50N en el dado. La fuerza se aplica en la mitad del dado porque es el punto más crítico.



Para el diseño del dado desgranador el material empleado será AISI 1018 según el catálogo de Bhöler (2007) porque posee buena soldabilidad, además su maquinado

es mejor y se emplea para ejes de transmisión con moderada exigencia al torque. En la siguiente tabla se indican sus propiedades mecánicas.

Tabla 7.
Propiedades mecánicas del acero AISI 1018.

Dureza Brinell	Límite de fluencia	Resistencia a la tracción
HB	N/mm ²	N/mm ²
143 max.	235	410-520

Nota: Fuente: Bhöler (2007).

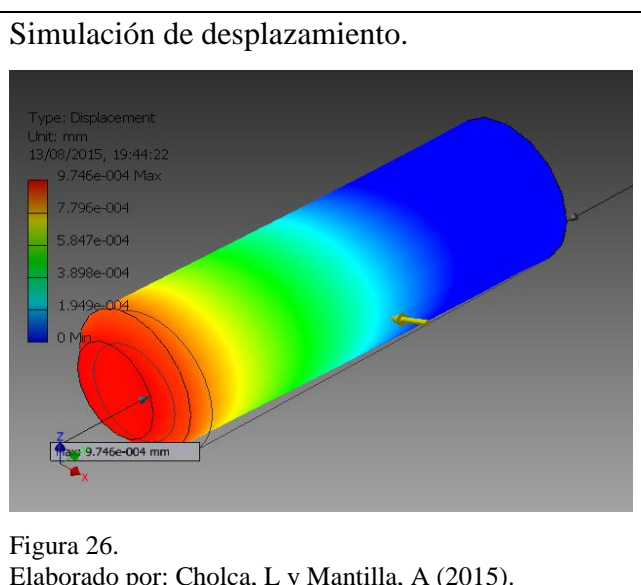
Al aplicar las cargas y el material a emplearse para el dado se procede a simular su comportamiento, obteniendo resultados en la siguiente tabla.

Tabla 8.
Aplicación de cargas y material.

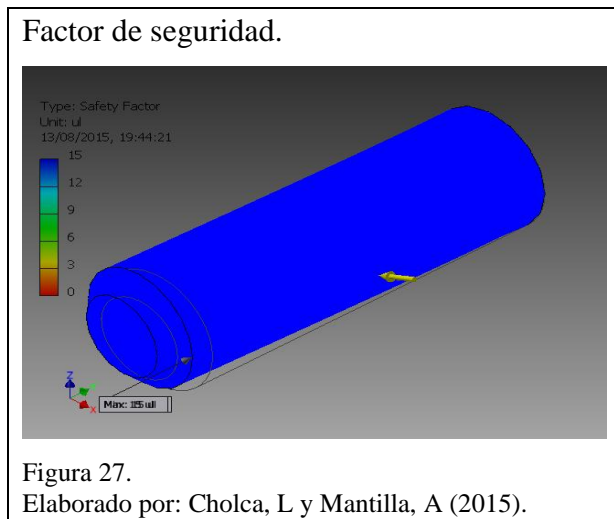
Name	Steel AISI 1018
Part Name(s)	Dado
Load Type	Force
Magnitude	50.000 N
Vector X	50.000 N
Vector Y	0.000 N
Vector Z	0.000 N

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

En la siguiente figura se presenta la simulación del análisis de desplazamiento:



En la siguiente figura se presenta la simulacion del análisis de factor de seguridad:



Los resultados se observan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 9.
Resultados de análisis.

Name	Minimum	Maximum
Volume	16860.3 mm ³	
Mass	0.132691 kg	
Weight	1.305 N	
Von Mises Stress	0.00135716 MPa	1.76423 MPa
1st Principal Stress	-1.10062 MPa	2.82418 MPa
3rd Principal Stress	-2.83854 MPa	1.08788 MPa
Displacement	0 mm	0.000974562 mm
Safety Factor	3 ul	15 ul

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

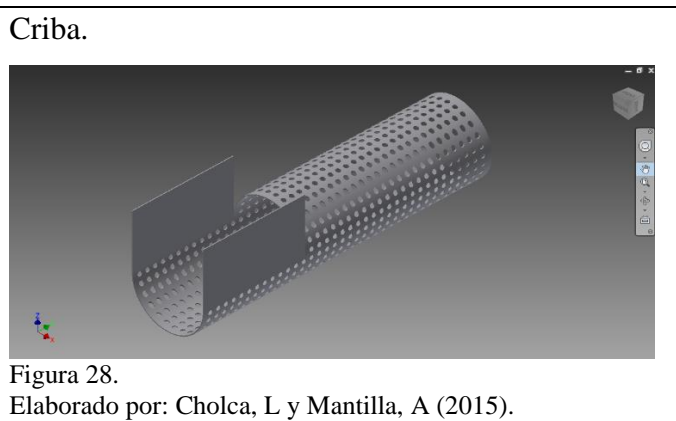
Como se puede observar en la Figura 26 y la Tabla 9, el dado llega a tener un desplazamiento máximo de 0.000974562 mm.

Como se observa en la Figura 27 y la Tabla 9, el dado soporta sin ningún inconveniente la carga aplicada, obteniéndose un factor de seguridad mínimo de 3 y un máximo de 15.

Una vez analizado el diseño del dado y cumpliendo con los requerimientos con resultados satisfactorios se llega a una conclusión que el material cumple las condiciones de trabajo.

2.1.7 Diseño de la criba.

La criba o tamiz es la cámara perforada que recubre en su totalidad al cilindro desgranador que cumple la función de pre-limpiado del maíz desgranado para luego ser recogido, mientras las tusas, polvo y partículas más livianas salen expulsadas por el ventilador.



El diseño de la criba está en función del volumen de producción, tamaño, y diámetro del maíz, además del amplio paso de las tusas hacia el ventilador, los datos se los obtuvo experimentalmente, además de fichas técnicas.

La criba para un volumen aproximado de producción de 15 quintales en una hora se ocupará un cilindro de 25cm de diámetro, cumpliendo así con los factores antes mencionados. La perforación de los agujeros alrededor de la criba para el paso de los granos es de 15mm.

2.1.8 Cilindro desgranador.

De acuerdo con el libro, de cosecha de cereales agroindustriales, al cual manifiesta:

Las desgranadoras accionadas a energía mecánica operan con cilindros rotativos provistos de dientes de espiga de metal en forma de espiral, al cual la materia prima es introducida en el extremo superior del tambor y a medida que el tambor gira, esta es expulsada al otro extremo “tusas, escamas”. (Kochen, Sandhu, & Axtell, 1998)

El cilindro es el elemento que cumple la función de contener todos los dados, los cuales estarán soldados. Por razones de ubicación estos deben formar un recorrido en espiral o tornillo sin fin alrededor del cilindro para proporcionar un rápido desgrane y transportación de expulsión de la tusa al exterior, para lo cual deben estar colocados en tres hileras para no producir atascamientos ni roturas de la mazorca. La longitud del cilindro es de un metro debido al diseño de la criba. En la siguiente figura se muestra el cilindro junto con los dados.

Cilindro con los dados desgranadores.

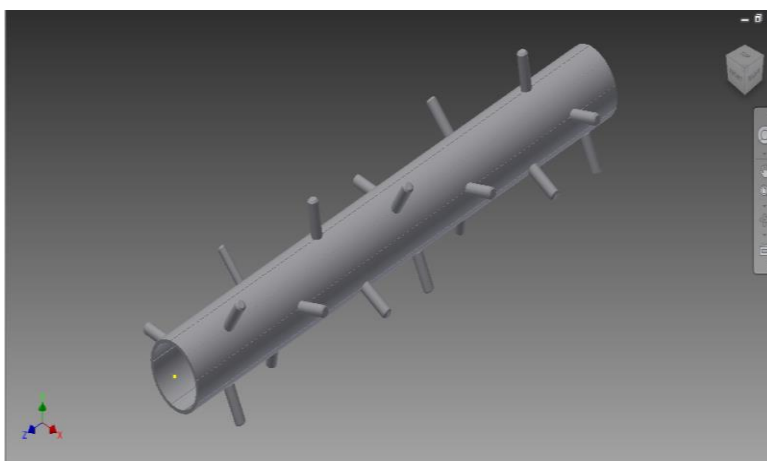


Figura 29.
Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Para la determinación de distancias entre dados y cantidad de los mismos se procede a evaluar varios criterios para poder obtener el mejor proceso de sistema de desgranado.

En la Tabla 10 y Tabla 11 se escogieron cinco muestras de maíz INIAP 122 por cada clasificación de tamaño y se obtuvo un valor promedio de longitud y diámetro del maíz.

Tabla 10.
Tamaños del maíz.

INIAP 122			
EXPERIMENTO	MAIZ PEQUEÑO (cm.)	MAIZ MEDIANO (cm.)	MAIZ GRANDE (cm.)
1	11,1	14,5	17,3
2	10,1	14,7	17,7
3	12,4	15,3	16,9
4	10,2	14,6	17,7
5	10,9	15,5	16,5
Promedio	10,94	14,92	17,22

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Tabla 11.
Diámetro del maíz.

INIAP 122			
EXPERIMENTO	MAIZ PEQUEÑO (mm.)	MAIZ MEDIANO (mm.)	MAIZ GRANDE (mm.)
1	42,1	48,4	52,5
2	43,4	50,2	53,7
3	43,8	50,3	51,9
4	44,2	49,6	52,6
5	43,9	48,5	54,5
Promedio	43.48	49.4	53.04

Nota: Elaborado por Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Determinado el promedio de tamaños y diámetros del maíz a desgranar se procede a relacionar la distancia entre dados desgranadores y el tamaño de las mazorcas.

Para la determinación de los dados se debe tener en cuenta que una distancia menor, el maíz llega a partirse, obteniendo atascamientos y su desgranado no sería el óptimo para la máquina.

Para el segundo criterio, una distancia mayor entre los dados produciría que las mazorcas no logran desgranarse y llegaran a salir aproximadamente enteras como en un principio se las ingresó.

Para el tercer criterio se propuso que la distancia entre dados debe ser el promedio de tamaño y diámetro de mazorcas que se llegó a experimentar en la Tabla 10 y Tabla 11 determinando que el desgranado sea muy efectivo consiguiendo granos enteros, limpios, sin mucho desperdicio en la tusa.

Para la colocación de los dados a lo largo del cilindro se realiza una distribución equitativa en cada hilera para su óptimo desgranado.

La distribución de los dados en el cilindro se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$\#dados = \frac{l}{d} \quad \text{[Ecuación 4]}$$

Donde:

$\#dados = \text{cantidad de dados}$

$d = \text{distancia entre centros}$

$l = \text{longitud del cilindro desgranador}$

$$\#dados = \frac{1m}{0.15m}$$

$$\#dados = 6.66$$

El resultado es de 7 dados equivalente para una hilera en el cilindro. Para el diseño se mencionó anteriormente que consta de 3 hileras.

La obtención de los dados desgranadores se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$\#dadostotales = \#hileras \times \#dados$$

[Ecuación 5]

$$\#dadostotales = 3 \times 7$$

$$\#dadostotales = 21$$

El diámetro del cilindro desgranador se obtiene mediante una comparación entre el diámetro de la criba y los dados desgranadores calculados previamente. La distancia entre los dados desgranadores y la criba no debe ser muy distante ni corta porque aquello produciría la no circulación del maíz.

Comparación de volúmenes entre criba y cilindro.

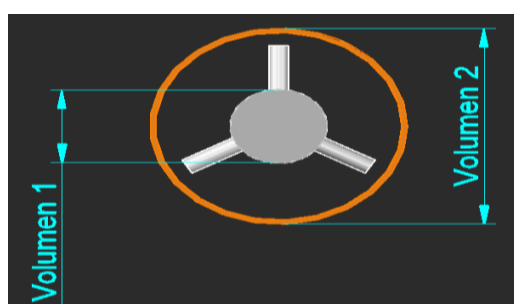


Figura 30.

Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Para el desarrollo del cálculo del diámetro se procede a realizar un experimento con una mezcla de varios tamaños de mazorcas para determinar el volumen que ocupa 32 mazorcas en 1 minuto de producción.

En la siguiente tabla se determina el valor promedio del volumen que ocupan 35 mazorcas de maíz INIAP 122 en base a 5 experimentos.

Tabla 12.

Volumen de mazorcas.

INIAP 122	
EXPERIMENTO	VOLUMEN DE 35 MAZORCAS (m3)
1	0.04123
2	0.04154
3	0.04233
4	0.04275
5	0.04103
Promedio	0.041776

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

La obtención de cilindro se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$Volumen_{Mazorcas} = Volumen_{Criba} - Volumen_{Cilindro} \quad [\text{Ecuación 6}]$$

$$Volumen_{Mazorcas} = \pi x (Radio_{Criba})^2 x l - \pi x (Radio_{Cilindro})^2 x l$$

$$0.0417776m^3 = \pi x (0.125m)^2 x (1m) - \pi x (Radio_{Cilindro})^2 x (1m)$$

$$(Radio_{Cilindro}) = \sqrt{\frac{\pi x (0.125m)^2 x (1m) - 0.0417776m^3}{\pi}}$$

$$(Radio_{Cilindro}) = 0.04823m$$

$$(Diámetro_{Cilindro}) = \left(0.04823m \frac{1000mm.}{1m} x \frac{1plg}{25.4mm} \right) x 2$$

$$(Diámetro_{Cilindro}) = 3.78plg. \approx 4plg.$$

Por criterios de diseño se estableció que el diámetro del cilindro sea de 4 pulgadas que se adquiere fácilmente en el mercado.

2.2 Sistema de transmisión

2.2.1 Determinación del motor.

Determinado el número de dados que se empleará en el cilindro se procede a calcular la fuerza necesaria para poder desgranar.

En el capítulo anterior, en la Tabla 4 se determinó mediante experimentos la fuerza de desgrane que se realiza manualmente, por criterios de diseño se mencionó que por motivos de volúmenes de trabajo, esta fuerza llega a aumentar 1,5 a 2 veces, aquellos datos serán empleados en los datos del cilindro para procedimientos de cálculos.

Las fuerzas empleadas en todo el cilindro permitirán pre determinar la potencia del motor de combustión acorde a la capacidad de la máquina.

Se realiza el torque de un dado empleando la siguiente ecuación:

$$T = F_{desgrane} \times d_{dado} \quad \text{[Ecuación 7]}$$

$$T = 45N \times 0.06m$$

$$T = 2.7 Nm$$

El torque que se llega a determinar es de 2.7Nm que corresponde a un dado, por consiguiente se calcula por los 21 dados que tiene el cilindro obteniendo 56.7 Nm en su totalidad.

Para la operación correcta de la máquina se debe tener en cuenta que la velocidad del cilindro desgranador posee un rango de trabajo de 800 rpm a 1000 rpm esto se debe a las condiciones de grado de humedad del maíz y de la capacidad de desgranado, datos técnicos proporcionados de catálogos. (Anexo 2).

$$Pot = T \times w \quad \text{[Ecuación 8]}$$

Donde:

$$Pot = Potencia\ del\ motor$$

$$T = Torque$$

$$w = Velocidad\ angular$$

$$Pot = 56.7Nm \times 900 \frac{rev}{min} \times \frac{2\pi rad}{1rev} \times \frac{1min}{60seg}$$

$$Pot = 5343.85 W$$

Transformando las unidades:

$$Pot = 5343.85 W \times \frac{1Hp}{745.7W}$$

$$Pot = 7.2 Hp$$

2.2.1.1 Potencia corregida.

La potencia corregida se calcula para tener un valor más exacto de la potencia y se considera por varios factores de servicio:

- Tipo de motor conductor que se emplea para su funcionamiento.

- Tipo de máquina para la cual se diseña.
- Horas de trabajo por día.

Con lo descrito anteriormente la potencia corregida o total se determina con la siguiente ecuación:

$$Pot(c) = Pot \times k \quad \text{[Ecuación 9]}$$

Fuente: Arroba Benites & Loyola Merchán (2014, pág. 61)

Donde:

$Pot(c)$ = Potencia corregida.

Pot = Potencia del motor.

k = factor de corrección. (Anexo 3)

$$Pot(c) = 7.2Hp \times 1.4$$

$$Pot(c) = 10.1 Hp$$

2.2.2 Selección del motor.

Con el resultado previamente calculado para sistema de transmisión de potencia al cual se empleará bandas, las mismas que serán accionadas por un motor de combustión interna a gasolina debido a que el desgranado se realiza en campo abierto donde la mayoría de veces no se cuenta con energía eléctrica. Se procede a la selección de un motor tomando como referencia catálogos (Anexo 4).

La máquina trabajará a una altitud de aproximadamente 2800 msnm. A estas condiciones, la presión, la temperatura y el grado de humedad del aire atmosférico influyen de manera considerable sobre el trabajo del motor, por lo que se ocupa la siguiente ecuación:

$$N = N_o \frac{p}{p_o} \sqrt{\frac{T_o}{T}} \quad \text{[Ecuación 10]}$$

Fuente: Ureña & Villavicencio (2012, pág. 44)

Donde:

N = Potencia obtenida al freno.

N_o = Potencia normal del motor.

p = Presión atmosférica ambiente.

p_o = Presión normal de 760mm Hg.

T = Temperatura absoluta ambiente en °K

T_o = Temperatura absoluta normal (273 + 15)°K

En la siguiente se muestran valores de presión y temperaturas a diferentes alturas sobre el nivel del mar.

Tabla 13.

Temperatura, presión y peso específico del aire al variar la altura.

Cota m	Temperatura °C	Presiones		Peso especif. kg/m3	Cota m	Temperatura °C	Presiones		Peso especif. kg/m3
		mm Hg	kg/cm²				mm Hg	kg/cm²	
0	15	760	1	1,225	3500	-7,75	493	0,648	0,863
200	13,7	742	0,976	1,202	4000	-11	462	0,608	0,819
400	12,4	725	0,955	1,179	4500	-14,25	433	0,570	0,777
800	9,8	690	0,909	1,134	5500	-20,75	379	0,499	0,697
1000	8,5	674	0,887	1,112	6000	-24	354	0,465	0,660
1400	5,9	642	0,845	1,070	7000	-30,50	308	0,405	0,590
1600	4,6	626	0,825	1,048	7500	-33,75	287	0,378	0,557
2000	2	596	0,785	1,007	8500	-40,25	248	0,326	0,495
2400	-0,6	567	0,745	0,967	9500	-46,75	214	0,282	0,439
2600	-1,9	553	0,727	0,947	10000	-50	198	0,260	0,413
2800	-3,2	539	0,710	0,928	10500	-53,25	183	0,241	0,388
3000	-4,5	526	0,692	0,909	11000	-55	170	0,224	0,361

Nota: Fuente: Giacosa (pág. 181).

A 2800 msnm el valor de la temperatura es de -3.2 °C con una presión de 539 mm Hg.

$$N = 16 \text{ Hp} \times \frac{539 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg}} \sqrt{\frac{(15 + 273) \text{ } ^\circ\text{K}}{(-3.2 + 273) \text{ } ^\circ\text{K}}}$$

$$N = 11.72 \text{ Hp}$$

El motor de combustión interna que se selecciona es de 16 HP y sus características se presentan a continuación.

Tabla 14.
Características del motor de combustión interna.

Características motor de combustión interna	
Potencia máxima	16 HP
RPM	3600
Tipo de arranque	manual
Combustible	Gasolina
Capacidad del tanque	5,68 Lt.
Consumo de combustible	4,2 Lt/hr.
Capacidad de aceite del cárter	1,9 Lt.

Nota: Fuente: Promainco (2015).

Entonces el motor de 16 HP a 2800 metros de altitud trabajará solo con 11.72 HP. Por lo tanto se demuestra que el motor elegido a las condiciones de funcionamiento dadas sirve perfectamente para el óptimo desempeño de la máquina, ya que la potencia nominal es mayor que la potencia calculada.

$$11,72\text{Hp} > 10,1\text{Hp}$$

2.2.3 Relación de transmisión.

Esta relación se emplea para determinar el diámetro de la polea conducida. La expresión que se utiliza es la siguiente:

$$i = \frac{N}{n} = \frac{d}{D} \quad \text{[Ecuación 11]}$$

Donde:

i = Relación de transmisión

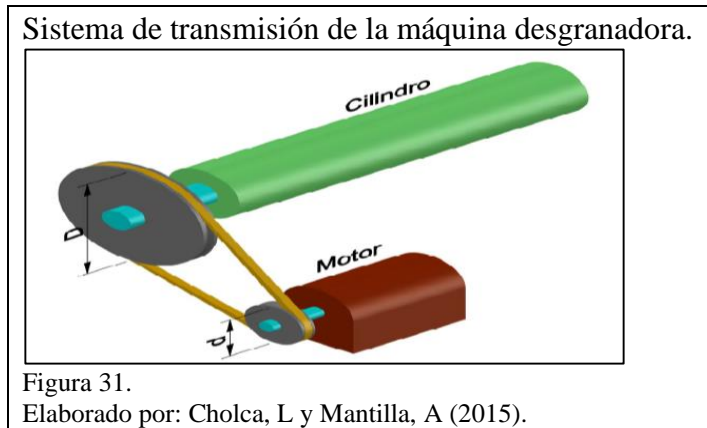
N = Revoluciones de salida

n = Revoluciones de entrada

D = Diámetro de polea conducida

d = Diámetro de polea conductora

Como se mencionó en la determinación del motor, el rango de funcionamiento de la máquina está entre 800 y 1000 rpm. En la siguiente figura se observa el sistema de transmisión de la máquina.



Sistema de transmisión motor – polea

Mediante información recopilada de catálogos y libros referente a desgranadoras se obtuvo datos que facilitan el cálculo.

- Revoluciones de entrada (N): 3000 rpm. (Operación del motor).
- Diámetro polea conductora: 5 plg (Anexo 5)
- Revoluciones del cilindro (n): 800 rpm.

$$i = \frac{800 \text{ rpm}}{3000 \text{ rpm}}$$

$$i = 0.27$$

$$D = \frac{d}{i}$$

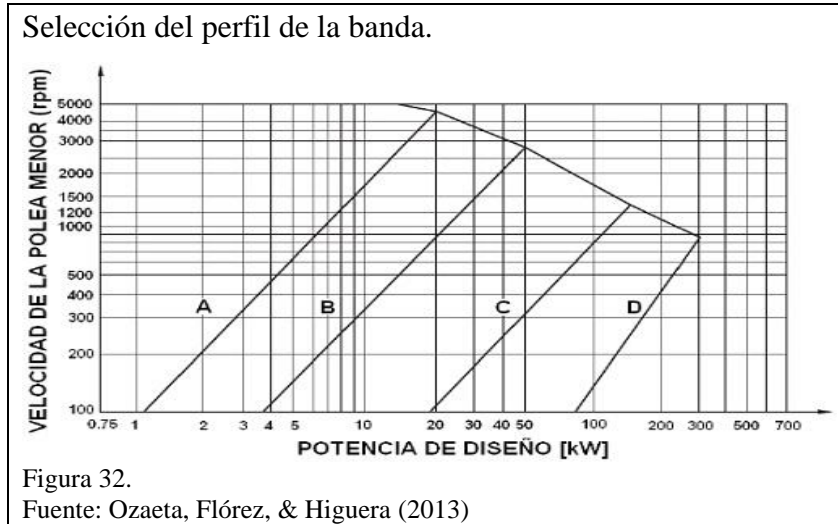
$$D = \frac{5''}{0.27}$$

$$D = 18.75'' \approx 20''$$

La polea conducida que se escoge es de 20'' de diámetro ya que existe en el mercado.

2.2.4 Selección del perfil de la banda.

De acuerdo con la velocidad de la polea menor y la potencia de diseño se elige el tipo de perfil de la banda para implementar en la transmisión.



De acuerdo con la figura anterior, el perfil de banda seleccionada es de tipo A.

2.2.5 Distancia entre centros de las poleas.

Mediante la siguiente expresión se obtiene un valor mínimo y un máximo de la distancia entre centros. Un valor menor al mínimo ocasiona que patinen las bandas, en cambio un valor mayor al máximo genera vibraciones en exceso en la banda.

$$0.7 \times (D + d) < C < 2 \times (D + d) \quad [\text{Ecuación 12}]$$

Fuente: (Ozaeta, Flórez, & Higuera, 2013)

Donde:

C = Distancia entre centros

D = Diámetro mayor de la polea

d = Diámetro menor de la polea

$$0.7 \times (20'' + 5'') < C < 2 \times (20'' + 5'')$$

$$17.5'' < C < 50''$$

La distancia entre centros escogida es 30" porque está dentro del intervalo.

2.2.6 Longitud de la correa.

Se establece mediante la siguiente fórmula:

$$L = 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C} \quad [\text{Ecuación 13}]$$

Fuente: Mott, Diseño de Elementos de Máquinas (2006, pág. 270)

$$L = 2 \times 30" + 1.57(20" + 5") + \frac{(20" - 5")^2}{4 \times 30"}$$

$$L = 101.12"$$

2.2.7 Ángulos de contacto.

“El cálculo de estos ángulos es importante porque la capacidad de las bandas se evalúan con un ángulo de contacto, supuesto de 180°.”(Mott, 2006, p.270). Eso solo sucede si no hay variación de velocidad, es decir los diámetros de las poleas son iguales. Cuando existe cambio de velocidad, la polea menor siempre será menor que 180°.

$$\theta_d = 180^\circ - 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{D - d}{2C}\right) \quad [\text{Ecuación 14}]$$

$$\theta_D = 180^\circ + 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{D - d}{2C}\right) \quad [\text{Ecuación 15}]$$

Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 863)

Donde:

θ_d = Ángulo de contacto de polea menor

θ_D = Ángulo de contacto de polea mayor

$$\theta_d = 180^\circ - 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{20" - 5"}{2 \times 30"}\right)$$

$$\theta_d = 151.04^\circ$$

$$\theta_D = 180^\circ + 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{D-d}{2C}\right)$$

$$\theta_d = 180^\circ + 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{20'' - 5''}{2 \times 30''}\right)$$

$$\theta_D = 208.95^\circ$$

2.2.8 Velocidad lineal de la banda.

Esta velocidad se determina en función de las revoluciones y diámetro de la polea menor.

$$V = \frac{\pi d n}{12} [\text{pie}/\text{min}] \quad [\text{Ecuación 16}]$$

Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 865)

Donde:

V = Velocidad lineal o tangencial de la banda

d = Diámetro de la polea menor en pulgadas

n = Revoluciones de la polea menor

$$V = \frac{\pi \times 5'' \times 3000 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}{12}$$

$$V = 3927 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ m}}{3.28 \text{ pie}}$$

$$V = 13.30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Esta velocidad debe estar comprendida en el intervalo:

$$(5 < V < 15) \text{ m/s}$$

Como $13 < 10 \text{ m/s}$ se acepta como válida la banda seleccionada.

2.2.9 Determinación del número de bandas.

$$N_b = \frac{H_D}{H_{Tpb} \times F} \quad [\text{Ecuación 17}]$$

Fuente: Arroba Benites & Loyola Merchán (2014, pág. 67)

Donde:

N_b = Número de bandas.

H_D = Potencia de diseño.

H_{Tpb} = Potencia transmitida.

F = Factor de corrección.

$$N_b = \frac{16Hp}{(12 \times 0.99)Hp} = 2 \text{ bandas}$$

Mediante los cálculos realizados se escoge la banda SKF PHG A98 (Anexo 6) que cumple con los requerimientos, además es de fácil adquisición en el mercado nacional.

2.2.10 Determinación de las fuerzas en las bandas.

Para determinar las fuerzas generadas en las bandas se necesita realizar cálculo de torques en las poleas. En el cálculo del torque de la polea 1 interviene la potencia generada por el motor y las revoluciones por minuto que posee el mismo.

$$T_{POLEA\ 1} = \frac{P}{W} \quad [\text{Ecuación 18}]$$

Donde:

$T_{POLEA\ 1}$ = Torque generado en la polea 1

P = Potencia del motor

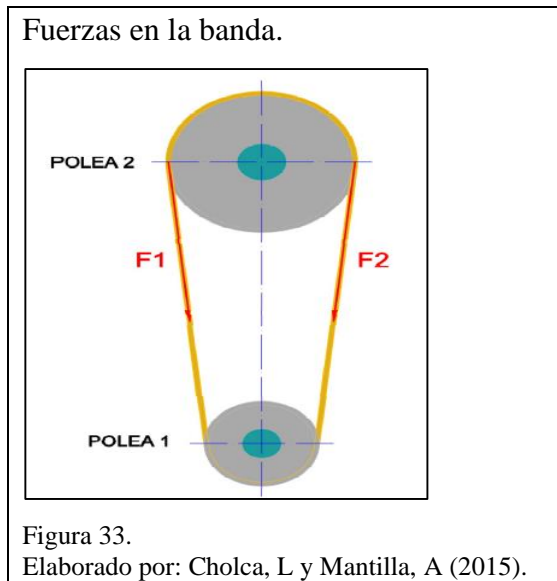
W = Velocidad angular del motor

$$T_{POLEA\ 1} = \frac{6600 \text{ lb pie/seg}}{314.16 \text{ rad/seg}}$$

$$T_{POLEA\ 1} = 21.008 \text{ lb pie} \left(\frac{1N}{0.22481lb} \right) \left(\frac{1m}{3.2808pie} \right)$$

$$T_{POLEA\ 1} = 28.485\ Nm$$

En la siguiente figura se indican las fuerzas que se generan en la banda.



2.2.10.1 Cálculo del torque en la polea 1.

El torque tanto de la polea 1 como la polea 2 se determina en función de las fuerzas que se generan en las bandas y el radio respectivo de cada polea.

$$T_{POLEA\ 1} = (F1 - F2)r1 \quad \text{[Ecuación 19]}$$

Fuente: Arroba Benites & Loyola Merchán (2014, pág. 70)

Donde:

$T_{POLEA\ 1}$ = Torque generado en la polea 1

$F1$ = Tension en el lado tirante de la banda

$F2$ = Tension en el lado flojo de la banda

$r1$ = Radio de la polea 1

$$(F1 - F2) = \frac{28.485Nm}{0,0635m}$$

$$(F1 - F2) = 448.58\ N$$

2.2.10.2 Cálculo del torque en la polea 2.

$$T_{POLEA\ 2} = (F1 - F2)r2 \quad \text{[Ecuación 20]}$$

Fuente: Arroba Benites & Loyola Merchán (2014, pág. 70)

Donde:

$T_{POLEA\ 2} = \text{Torque generado en la polea 2}$

$F1 - F2 = \text{Fuerzas generadas en la banda}$

$r1 = \text{Radio de la polea 2}$

$$T_{POLEA\ 2} = 448.58\ N \times 0,254m$$

$$T_{POLEA\ 2} = 113.94\ Nm$$

2.2.11 Cálculo de las fuerzas que actúan en la banda.

$$\frac{F1}{F2} = e^{f\theta} \quad \text{[Ecuación 21]}$$

Fuente: Arroba Benites & Loyola Merchán (2014, pág. 70)

Donde:

$F1 = \text{Tension en el lado tirante de la banda}$

$F2 = \text{Tension en el lado flojo de la banda}$

$f = \text{Coeficiente de rozamiento}$

$\theta = \text{Angulo de contacto de la banda}$

$$\frac{F1}{F2} = e^{0.35 \times 3}$$

$$\frac{F1}{F2} = 2.86$$

$$F1 = 2.86F2$$

El coeficiente de rozamiento de goma o cuero sobre metal aplicado en las poleas es seleccionado mediante tabla (Anexo 7).

Al remplazar la Ecuación 21 en la Ecuación 19 se encuentra cada una de las fuerzas F1 y F2 que actúan en la banda de las poleas.

$$F1 - F2 = 448.58\ N$$

$$F2 = F1 - 448.58 \text{ N}$$

$$F2 = 2.86F2 - 448.58 \text{ N}$$

$$2.86F2 - F2 = 448.58 \text{ N}$$

$$F2 = 241.17 \text{ N}$$

$$F1 = 689.75 \text{ N}$$

2.2.12 Cálculo de la fuerza resultante en la banda.

La fuerza F_T es el resultado de la sumatoria de las fuerzas $F1$ y $F2$:

$$F_T = F1 + F2 \quad \text{[Ecuación 22]}$$

$$F_T = (689.75 + 241.17) \text{ N}$$

$$F_T = 930.92 \text{ N}$$

2.3 Diseño del eje principal

2.3.1 Diseño bajo cargas estáticas.

Para un diseño correcto se debe considerar los elementos que va a soportar el eje, tales como: la polea, el ventilador y el cilindro desgranador. El material empleado será acero AISI 4140, según el catálogo de Bhöler (2007) es bonificado por lo que no se necesita tratamiento térmico, es de alta resistencia a la tracción y torsión, además es excelente para la construcción de ejes. En la siguiente tabla se muestran sus propiedades mecánicas.

Tabla 15.

Propiedades mecánicas del acero AISI 4140.

Diámetro mm	Límite de fluencia N/mm ²	Resistencia a la tracción N/mm ²	Elongación N/mm ²			Reducción de área N/mm ²			Resistencia al impacto (ISO- V)*J min		
			L	Q	T	L	Q	T	L	Q	T
≤ 16	900	1100-1300	10	--	--	40	--	--	30	--	--
≤ 16 ≤ 40	750	1100-1200	11	--	--	45	--	--	35	--	--
≤ 40 ≤ 100	650	900-1100	12	--	--	50	--	--	35	--	--
≤ 100 ≤ 160	550	800-950	13	--	--	60	--	--	35	--	--
≤ 160 ≤ 250	500	750-900	14	--	--	65	--	--	35	--	--

Nota: Fuente: Bhöler (2007, pág. 61).

Antes de calcular el diámetro del eje se establece primero las fuerzas que intervienen en el mismo que se observa en la siguiente figura.

Elementos que soporta el eje.

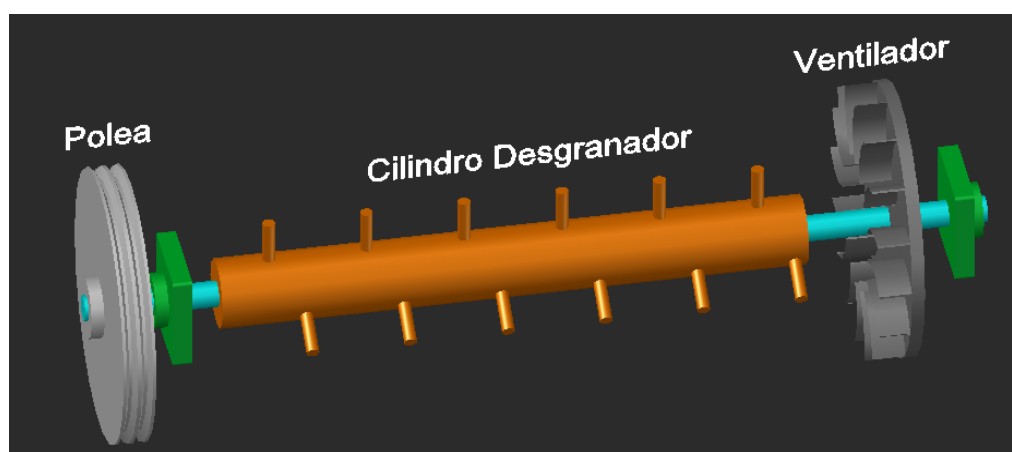


Figura 34.

Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

2.3.2 Momento de la polea 2.

La polea 2 genera un momento sobre el eje:

$$M_1 = F_T \times r_2 \quad \text{[Ecuación 23]}$$

$$M_1 = 930.92 \text{ N} \times 0.254 \text{ m}$$

$$M_1 = 236.45 \text{ Nm}$$

2.3.3 Momento del ventilador.

El momento del ventilador debe ser igual al momento de la polea para que se estabilicen las fuerzas y evitar que se deforme el eje. Para el diseño se tomará tanto a la polea como el ventilador como fuerzas, es decir:

$$F_1 = F_2 = 930.92 \text{ N}$$

2.3.4 Fuerza ejercida por el cilindro desgranador.

La fuerza ejercida sobre el eje es el peso del cilindro desgranador junto con los dados.

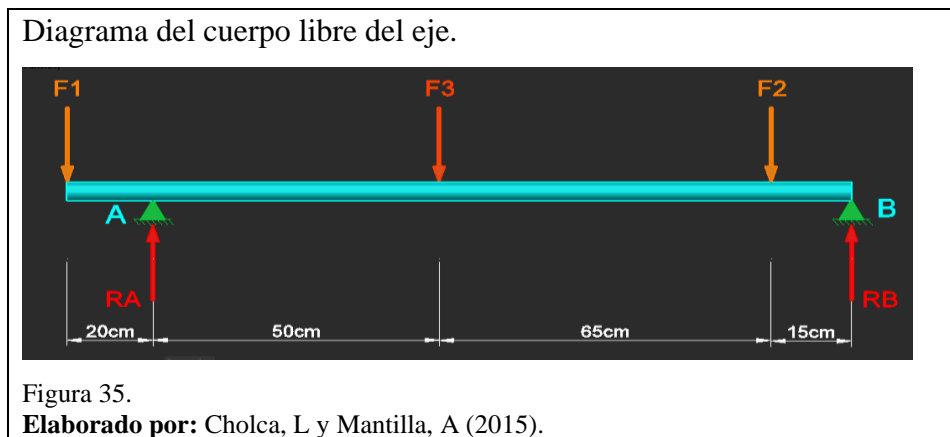
Anteriormente se llegó a determinar el peso del dado en la Tabla 9 equivalente a 1.319 N, entonces el peso total de los dados es 27.7 N. El cilindro mediante cálculos se determinó un tubo cédula 40 de 4", con una longitud de 1 m. Su peso es de 16.07 Kg equivalente a 157.59 N. (Anexo 8).

El peso total del cilindro y los dados será de 185.29 N.

$$F_1 = 185.29 \text{ N}$$

2.3.5 Cálculo de reacciones y momentos.

En la siguiente figura se realiza el diagrama de cuerpo libre para determinar las reacciones y momentos en el eje.



$$\Sigma M_A = 0$$

$$-F_1 \times 0.2m + F_2 \times 1.15m + F_3 \times 0.5m - R_B \times 1.3m = 0$$

$$-930.92 \text{ N} \times 0.2m + 930.92 \text{ N} \times 1.15m + 185.29 \text{ N} \times 0.5m - R_B \times 1.3m = 0$$

$$R_B = 751.55 \text{ N}$$

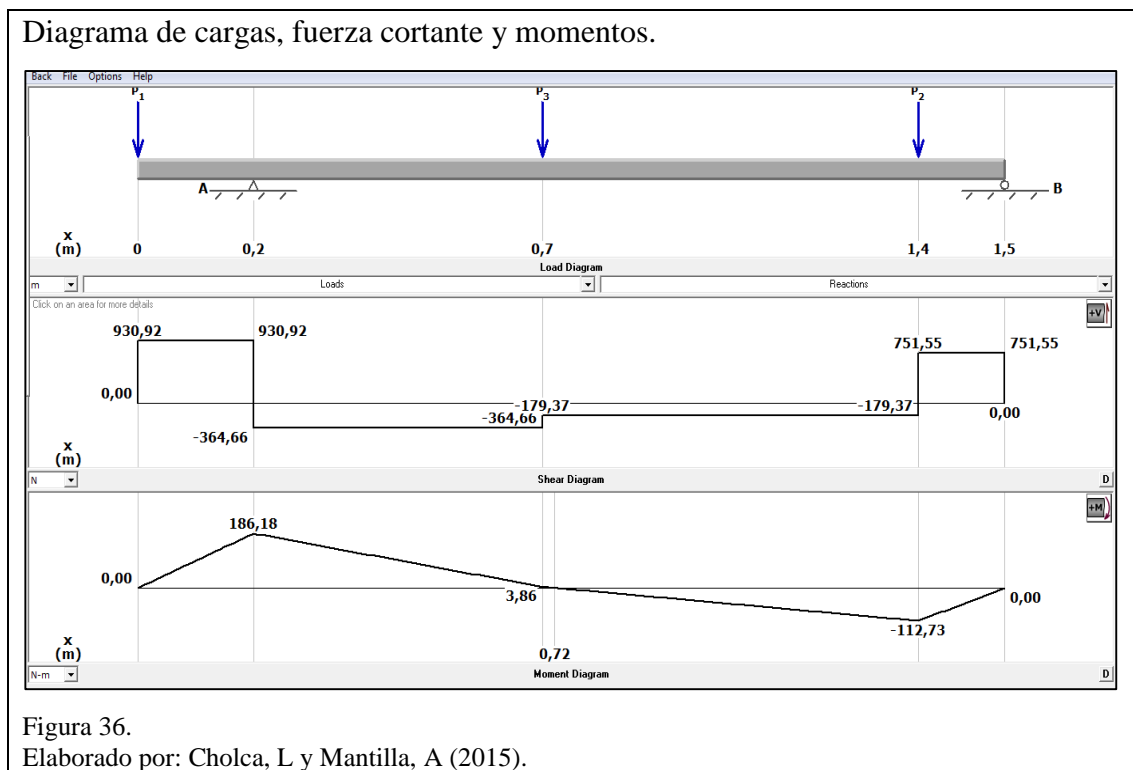
$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_A + R_B - F_1 - F_2 - F_3 = 0$$

$$R_A + 751.55 \text{ N} - 930.92 \text{ N} - 930.92 \text{ N} - 185.29 \text{ N} = 0$$

$$R_A = 1295.58 \text{ N}$$

Los diagramas tanto de fuerza cortante como de momentos se realizaron en el software MDSolids 3.5 donde se pueda observar a continuación.



Mediante el software se obtuvo que el momento máximo del eje es 186,18 Nm, además se comprobó que las reacciones obtenidas en A y en B son correctas.

2.3.6 Cálculo de esfuerzos.

El eje va estar sometido a esfuerzos de flexión y torsión.

2.3.6.1 Esfuerzo admisible.

$$[\sigma] = \frac{S_y}{F_s} \quad [\text{Ecuación 24}]$$

Donde:

$$[\sigma] = \text{Esfuerzo admisible}$$

$$S_y = \text{Esfuerzodefluencia} = 655 \text{MPa (Anexo 9)}$$

$$F_s = \text{Factor de seguridad}$$

$$[\sigma] = \frac{655 \text{MPa}}{2.5}$$

$$[\sigma] = 262 \text{MPa}$$

2.3.6.2 Esfuerzo de flexión.

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{32 \times 186.18 \text{ Nm}}{\pi \times d^3}$$

$$\sigma = \frac{5957.76 \text{ Nm}}{\pi \times d^3}$$

2.3.6.3 Esfuerzo de torsión.

El torque T es el que ejerce la polea 2 es igual a 113.94 Nm.

$$\tau = \frac{16 T}{\pi d^3}$$

$$\tau = \frac{16 \times 113.94 \text{ Nm}}{\pi \times d^3}$$

$$\tau = \frac{1823.04 \text{ Nm}}{\pi \times d^3}$$

2.3.6.4 Esfuerzo equivalente.

Mediante la ecuación del esfuerzo equivalente se determina el diámetro del eje. El esfuerzo equivalente es igual al esfuerzo admisible.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad \text{[Ecuación 25]}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{5957.76}{\pi x d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{1823.04}{\pi x d^3}\right)^2}$$

$$d^6 = \frac{(5957.76)^2 + 3(1823.04)^2}{\pi^2 x (262 \times 10^6)^2}$$

$$d^6 = 6.7108 \times 10^{-11} \text{ m}^6$$

$$d = 0.0202 \text{ m} = 0.795 \text{''}$$

Luego de haber realizado los cálculos respectivos de diseño de ejes a condiciones estáticas se determina que el eje será de 1'' equivalente a 25.4 mm, adicional se realizará el cálculo dinámico para excelentes resultados de trabajo.

2.3.7 Diseño a fatiga.

El esfuerzo de flexión con el diámetro encontrado en forma estática será:

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{32 \times 186.18 \text{ Nm}}{\pi x (0.0202)^3}$$

$$\sigma = 230.08 \text{ MPa}$$

El esfuerzo de torsión será:

$$\tau = \frac{16 T}{\pi d^3}$$

$$\tau = \frac{16 \times 113.94 \text{ Nm}}{\pi \times (0.0202)^3}$$

$$\tau = 70.403 \text{ MPa}$$

El análisis de resistencia a la fatiga se procede a realizar con la ecuación:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \quad \text{[Ecuación 26]}$$

Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 279)

Donde:

S_e = Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica.

S'_e = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

Por lo tanto al separar cada término para el cálculo individual, se obtiene:

- El factor de modificación de la condición superficial, se calcula por:

$$K_a = a S_{ut}^b \quad \text{[Ecuación 27]}$$

Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 279)

En donde:

S_{ut} = Resistencia ultima de tensión = 1075 Mpa. (Anexo 10)

El valor de a y el exponente b, se encuentran en la siguiente tabla

Tabla 16.

Factor de modificación de condición superficial.

Acabado Superficial	Factor a		Exponente
	S _{ut} , kpsi	S _{ut} , Mpa	b
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Nota: Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 280)

Por lo tanto, al reemplazar los valores se obtiene:

$$Ka = 4.51(1075)^{-0.265} = 0.709$$

- El factor de modificación de tamaño:

$$Kb = \left(\frac{d}{7.62} \right)^{-0.107} \quad \text{[Ecuación 28]}$$

Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 280)

Por lo tanto:

$$Kb = \left(\frac{20.2mm}{7.62} \right)^{-0.107} = 0.9009$$

- El factor de la modificación de la temperatura como se indica en la siguiente tabla, a 20°C.

Tabla 17.

Factor de modificación de la temperatura.

Temperatura, ° C	S _T /S _{RT}	Temperatura, °F	S _T /S _{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995

Nota: Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 283)

$$Kd = \frac{S_T}{S_{RT}} \quad \text{[Ecuación 29]}$$

Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 283)

En donde:

S_T = Resistencia a la tensión a la temperatura de operación.

S_{RT} = Resistencia a la tensión a la temperatura ambiente.

Por lo tanto:

$$Kd = 1$$

- El factor de confiabilidad se obtiene por:

$$k_e = 1 - 0.08z_a \quad \text{[Ecuación 30]}$$

Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 284)

En donde:

$$Z_a = \text{Variación de transformación. (Tabla 18)}$$

Tabla 18.
Factor de confiabilidad.

Confiabilidad, %	Variación de transformación Z_a	Factor de confiabilidad k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702

Nota: Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 285)

$$K_e = 0.868$$

- El factor de modificación de efectos varios es:

$$K_f = 1$$

- El límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria, se obtiene:

$$S_e' = 0.5 S_{ut} \quad \text{[Ecuación 31]}$$

Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 274)

Por lo tanto:

$$S_e' = 0.5 \times 1075 \text{ MPa} = 537.5 \text{ MPa}$$

Al remplazar los datos en la ecuación principal se obtiene:

$$S_e = 0.709 \times 0.9009 \times 0.897 \times 1 \times 0.868 \times 1 \times 537.5 \text{ MPa}$$

$$S_e = 267.32 \text{ MPa}$$

2.3.8 Cálculo del diámetro en condiciones dinámicas.

Para encontrar el diámetro se utiliza el método de Goodman modificado y se emplea la siguiente ecuación:

$$d = \sqrt[3]{\frac{48 F_s}{\pi} \sqrt{\left(\frac{T}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{M}{S_e}\right)^2}} \quad [\text{Ecuación 32}]$$

Fuente: Cuñas (2014, pág. 23)

Donde:

d = diámetro del eje

T = Momento de torsión

M = Momento de flexión

S_e = Límite de resistencia a la fatiga corregida

S_y = Esfuerzo de fluencia

F_s = Factor de seguridad

$$d = \sqrt[3]{\frac{48 \times 2.5}{\pi} \sqrt{\left(\frac{113.94}{262 \times 10^6}\right)^2 + \left(\frac{186.18}{267.32 \times 10^6}\right)^2}}$$

$$d = 0.0316 \text{ m} = 1.25''$$

Luego de haber realizado los cálculos respectivos de cálculos de eje a condiciones dinámicas se determina que el eje será de 1 ½" equivalente a 38.1mm el cual cumple con los requerimientos, además se consigue fácilmente en el mercado nacional.

2.4 Cálculo de chavetas

2.4.1 Selección del material.

Las chavetas son uniones normalizadas fácilmente montables como desmontables, que son empleadas con frecuencia en las máquinas que poseen movimiento de giro.

Con el diámetro del eje previamente calculado de 1 ½” equivalente a 38.1mm, se determina el empleo de una chaveta de forma paralela. Para dimensionar la chaveta se debe diseñar de manera que la transmisión del par de torsión sea el mismo que el eje.

Para el cálculo de la chaveta se empleará catálogos (Anexo 11). Mediante una distribución de diámetros que se expresan en catálogos, se fijó el ancho y altura de la chaveta, la longitud deberá ser como mínimo igual a 1,5 veces el diámetro del eje. (Cardesa Cadena & Derivados S.A., 2015)

Anteriormente se seleccionó la chaveta fijando el ancho y altura, procediendo al diseño de la longitud, a la cual está dada por la siguiente ecuación:

$$L_{CHAVETA} = \phi_{eje} + 1.5 \quad \text{[Ecuación 33]}$$

$$L_{CHAVETA} = 38.1mm. + 1.5$$

$$L_{CHAVETA} = 39.6mm \approx 40mm.$$

Luego de haber realizado los cálculos respectivos de chaveteros se determina que su medidas son (10 x 8 x 40) mm que cumple con los requerimientos, además de fácil adquisición en el mercado nacional.

2.5 Cálculo de chumaceras

2.5.1 Chumaceras o soportes con rodamientos en Y.

Al emplear soportes con rodamientos en Y se pueden conseguir disposiciones simples y económicas. Sus características especiales permiten su aplicación en maquinaria agrícola, equipos de construcción, maquinas textiles, sistemas de rodillos transportadores y ventiladores. (SKF Rodamientos, 2015, pág. 657)

Los soportes con rodamientos en Y:

- Rodamientos Y (rodamientos de inserción), rodamientos rígidos de una hilera de bolas obturados a ambos lados y cuyo aro exterior tiene la superficie de asiento esférico. SKF Rodamientos (SKF Rodamientos, 2015, pág. 657)

- Soportes Y, soportes de fundición o chapa de acero embutida con alojamiento esférico. (SKF Rodamientos, 2015, pág. 657)

Los soportes con rodamientos Y no son convenientes cuando se tiene apoyos libres debido a que estos rodamientos no admiten movimiento axial, por ende solo se utilizaría cargas radiales.

La fabricación de los rodamientos o chumaceras es muy variada, los mayores productores y distribuidores a nivel mundial disponen de catálogos con su respectiva información.

2.5.2 Selección de chumaceras.

Los factores a tomar en consideración para la selección de la chumacera son:

- Espacio disponible
- Cargas
- Funcionamiento silencioso
- Montaje y desmontaje sencillo

Para el cálculo de las chumaceras se debe tener en cuenta algunos datos:

- Diámetro del eje = 1 ½" equivalente a 38.1mm
- Numero de revoluciones del eje = 800 a 1000 rpm
- Carga de diseño radial = 1296N

2.5.3 Carga dinámica.

La carga dinámica se obtiene con la siguiente ecuación general:

$$P = XF_r + YF_a \quad \text{[Ecuación 34]}$$

Fuente: SKF Rodamientos (2015, pág. 53)

Donde:

$$P = \text{Carga dinámica equivalente, en N.}$$

$F_r =$ Carga radial real, en N. (Anexo 12).

$F_a =$ Carga axial real, en N.

$X =$ Factor de carga radial del rodamiento.

$Y =$ Factor de carga axial del rodamiento.

$$P = X(1296N) + 0$$

$$P = 2(1296N) + 0$$

$$P = 2592N$$

2.5.4 Fórmula de la vida nominal.

El método de la duración de los rodamientos está dada por las siguientes expresiones:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad \text{[Ecuación 35]}$$

Fuente: SKF Rodamientos (2015, pág. 28)

O

$$C = P \times \left(\frac{L_{10} \times N \times 60}{10^6}\right)^{1/p} \quad \text{[Ecuación 36]}$$

Fuente: SKF Rodamientos (2015, pág. 28)

Donde:

$L_{10} =$ Vida nominal, en millones de revoluciones. (Anexo13)

$C =$ Capacidad de carga dinámica en N.

$P =$ Carga dinamica equivalente, en N.

$N =$ Velocidad de giro, en rpm.

$p =$ Exponente de la fórmula de la vida.

$p = 3$ para los rodamientos de bolas.

$p = 10/3$ para los rodamientos de rodillos.

$$C = 2592N \times \left(\frac{3000 \times 1000 \times 60}{10^6} \right)^{1/3}$$

$$C = 2592N \times (600)^{1/3}$$

$$C = 21862N \left(\frac{0.22481 lbf}{1N} \right)$$

$$C = 5914.8 lbf$$

La selección de la chumacera se realiza mediante un software proporcionado de la página oficial de SKF, los datos obtenidos mediante este proceso facilitan la búsqueda y la mejor opción de chumacera que será empleada en la máquina.

En la selección de chumaceras se debe considerar que en su interior está un rodamiento rígido de bolas, al cual está sometido a cargas radiales.

La chumacera que cumple con los requerimientos de carga antes mencionados, posee un soporte de fundición, brida cuadrada, con prisioneros, su designación, propiedades y características se expresan en la siguiente tabla.

Tabla 19.
Característica de la chumacera.

Dimensiones principales					Capacidades de carga básica		Referencias	Soporte	Rodamiento
d	A1	J	L	T	dinámica C	estática C0	Unidad de rodamientos		
in					lbf				
1.1/2	1.5157	3.9961	5.1181	2.0709	6900	4270	FY 1.1/2 RM	FY 508 U	YAT 208-108

Technical drawing of the bearing housing showing cross-section and front view with dimensions:

- Cross-section dimensions:** A₁ 1.5157, A₂ 0.5512, B₄ 0.2756, d 1.1/2, B 1.4173, G 12 mm / G 1/2 in, T 2.0709.
- Front view dimensions:** J 3.9961, L 5.1181, N 0.563.
- Prisionero (Locking pin):** Par de apriete recomendado [Nm] 6,5; Tamaño de la llave hexagonal [mm] 3,9688.

Fuente: SKF Rodamientos (2015)

2.6 Diseño del ventilador

El ventilador que se empleará servirá para limpiar las impurezas y expulsar las tusas del maíz ya desgranado por lo que se procede a diseñar un tipo de ventilador que cumpla con las necesidades antes nombradas.

Como se menciona en Greene (pág. 245), los ventiladores centrífugos de aspas con curvatura hacia atrás son ideales cuando se trata de transportación y extracción, las aspas tienden a ser de autolimpieza, además tienen amplia capacidad de presión y volumen.

Para el diseño del ventilador cabe destacar que éste va a estar situado al final del sistema de desgranado para que expulse las tusas e impurezas del maíz. También debe construirse de acuerdo al espacio que dispone.

2.6.1 Velocidad de separación de impurezas.

Para determinar la velocidad que permita separar las tusas y las impurezas de los granos de maíz, se emplea la siguiente ecuación:

$$R = \frac{cA_p\delta_a v^2}{2} \quad \text{[Ecuación 37]}$$

Fuente: Baturin, 1976, p.327.

Donde:

R = Resistencia que opone un medio a un cuerpo que se mueve, N

c = Coeficiente adimensional de arrastre

A_p = Área de proyección del cuerpo perpendicular a la velocidad, m^2

δ_a = Densidad absoluta del medio, Kg/m^3

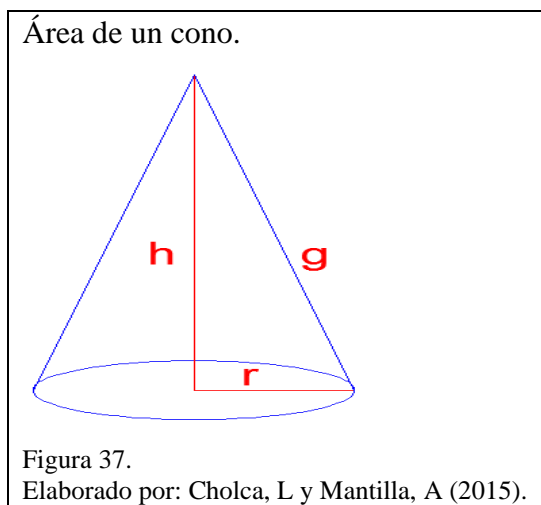
v = Velocidad de expulsión de impurezas en sentido vertical, m/s

Para el uso de la ecuación 37, se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- La fuerza de la corriente del aire debe ser mayor al peso de la tusa para que pueda expulsarla, caso contrario la tusa no se elevaría. El peso de la tusa promedio es de 0.0085 Kg equivalente a 0.085 N, por lo que la fuerza de la corriente del aire será 0.0935 N que es 10% mayor al peso.
- El valor promedio de la densidad del aire a 2800 msnm. es de 0.9302 Kg/m³ (Anexo 14).
- El valor de c se lo toma en función de la forma de la tusa que es un cono, entonces de acuerdo con Mott (2006, pág. 528) el coeficiente de arrastre será 1.05.
- El área promedio de la tusa se obtiene mediante la ecuación siguiente:

$$A = \pi r (g + r) \quad \text{[Ecuación 38]}$$

En la siguiente figura se representa a un cono con las variables para determinar su área.



$$A = \pi \times 0.011m (0.12m + 0.011m)$$

$$A = 4.527 \times 10^{-3} m^2$$

Al remplazar la velocidad en la ecuación 37, se tiene:

$$v = \sqrt{\frac{2R}{cA_p \delta_a}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 0.0935 \text{ N}}{1.05 \times 4.527 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 0.9302 \text{ kg/m}^3}}$$

$$v = 6.5 \text{ m/s}$$

La velocidad que se necesita para levantar las impurezas y las tusas en sentido vertical es 6.5 m/s.

Para determinar la velocidad del flujo de aire a la salida del ventilador se debe encontrar el diámetro equivalente de la boca rectangular de salida del ventilador. Las dimensiones se consideran con el criterio de que al momento en que se expulsan las tusas, éstas no choquen con las paredes de la boca, es decir las medidas deben ser al diseño y espacio disponible de la máquina.

$$a = 18 \text{ cm y } b = 16 \text{ cm}$$

El diámetro equivalente de la boca rectangular se calcula igualando las áreas de un círculo con un rectángulo:

$$A_{\text{rectángulo}} = A_{\text{círculo}}$$

$$a \times b = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$d_{eq} = \left(\frac{4 a b}{\pi} \right)^{1/2}$$

$$d_{eq} = \left(\frac{4 \times 0.18 \text{ m} \times 0.16 \text{ m}}{\pi} \right)^{1/2}$$

$$d_{eq} = 0.1914 \text{ m}$$

La distancia de recorrido del flujo de aire desde la boca del ventilador hasta la boca de salida es $X=0.20 \text{ m}$. Se procede a encontrar la relación entre el diámetro equivalente y la distancia de recorrido del flujo de aire.

$$R = \frac{X}{d_{eq}}$$

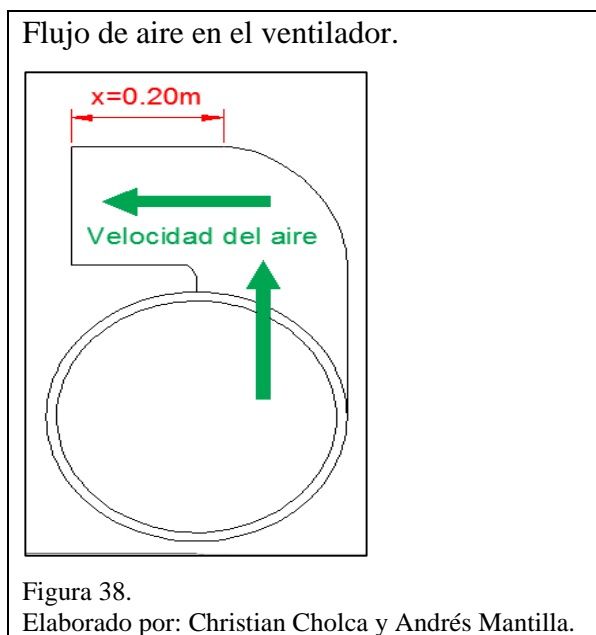
[Ecuación 39]

Fuente: Ureña & Villavicencio (2012, pág. 79)

$$R = \frac{0.20m}{0.1914m}$$

$$R = 1.045$$

En la siguiente figura se presenta la dirección del flujo de aire en el ventilador.



Con la relación encontrada se calcula la velocidad del flujo de aire a la salida del ventilador.

$$\frac{v}{v_0} = 0.86$$

[Ecuación 40]

Fuente: Ureña & Villavicencio (2012, pág. 79).

$$v_0 = \frac{6.5 \text{ m/s}}{0.86}$$

$$v_0 = 7.56 \frac{m}{s}$$

El área de la boca de salida del ventilador es:

$$A_{boca\ de\ salida} = 0.18m \times 0.16m$$

$$A_{boca\ de\ salida} = 0.0288m^2$$

2.6.2 Determinación del caudal.

Para encontrar el caudal necesario se emplea la siguiente ecuación:

$$Q = v_0 \times A_{boca\ de\ salida} \quad \text{[Ecuación 41]}$$

$$Q = 7.56 \frac{m}{s} \times 0.0288 m^2$$

$$Q = 0.217 \frac{m^3}{s} \times \frac{60 s}{1 min} \times \frac{(3.2808 pie)^3}{1 m^3}$$

$$Q = 461.21 CFM$$

Según especificaciones de catálogos de ventiladores (Anexo 15) se realizó una comparación por medio del caudal y revoluciones a trabajar, por lo que se concluyó que los 461.21CFM cumplen con las condiciones de trabajo de expulsión de tusas e impurezas al exterior.

2.6.3 Número de álabes.

De acuerdo con el manual de diseño de proceso de ventiladores PDVSA (2006, pág. 12) el número de álabes para ventiladores con aspas curvadas hacia atrás, es de 12 a 16. La cantidad seleccionada es 16 álabes, como se muestra en la figura siguiente.

Álabes del ventilador.

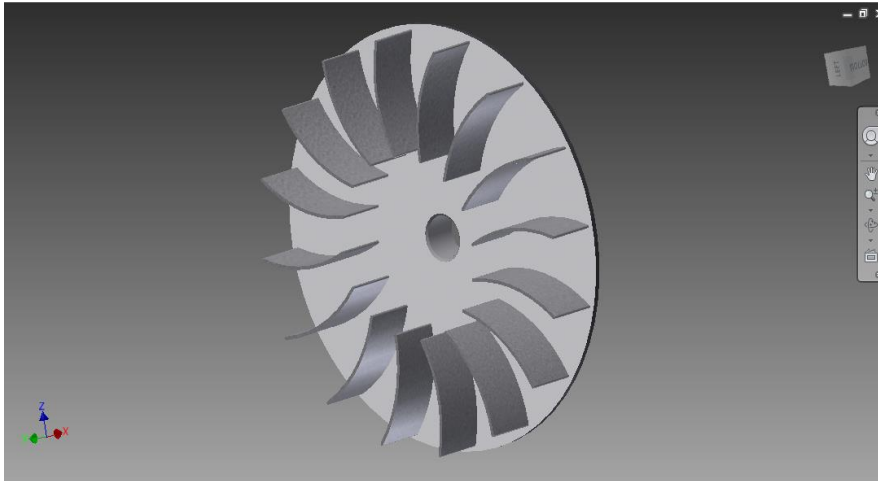


Figura 39.

Elaborado por: Christian Cholca y Andrés Mantilla.

Con lo calculado anteriormente se cumple con la función del ventilador la cual es expulsar tanto las tusas como las impurezas. El ventilador por razones económicas y de espacio disponible no se selecciona sino que se construye pero cumple con las especificaciones de un catálogo.

2.7 Análisis estructural

2.7.1 Determinación de pesos.

Una vez determinado todos los elementos mecánicos que conforman la máquina, se procede a realizar un análisis estructural con las cargas muertas (pesos de los elementos mecánicos) además de cargas vivas (peso del maíz desgranado, peso de una persona) que son aquellas que se dan al momento de funcionamiento de la máquina.

El diseño estructural de la máquina abarca los siguientes componentes:

- Estructura general.
- Bancada.

2.7.1.1 Estructura general.

En la tabla se presentan las cargas vivas y muertas que intervienen en la estructura general.

Tabla 20.

Cargas vivas y muertas en la estructura general.

DESCRIPCION	PESO (N)
Tolva	84.46
Tapa Superior	39.97
Tapa Frontal	31.72
Tapa Trasera	31.73
Tapa Pared Derecha	34.47
Tapa Pared Izquierda	49.17
Criba	104.25
Tapa de Tolva	16.16
Eje	105.23
Cilindro Desgranador	117.48
Dados Desgranadores (21)	27.15
Tapa de Cilindro	13.32
Divisor de Cámaras	8.33
Chumaceras (2)	31.94
Ventilador	122.37
Polea 20pulgadas	80.85
Maíz Desgranado (20lb)	88.88
PESO TOTAL	987.75

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Realizado un análisis de cargas vivas y muertas de la estructura determinamos un valor de 987.75N por facilidades de cálculos y tomando en consideración que la estructura tiene un peso propio, se llega aproximar el peso total a 1000N, que se encuentra distribuido equitativamente en toda la estructura.

En la figura se puede observar la distribución de peso en la estructura de la desgranadora.

Distribución de peso en la estructura.

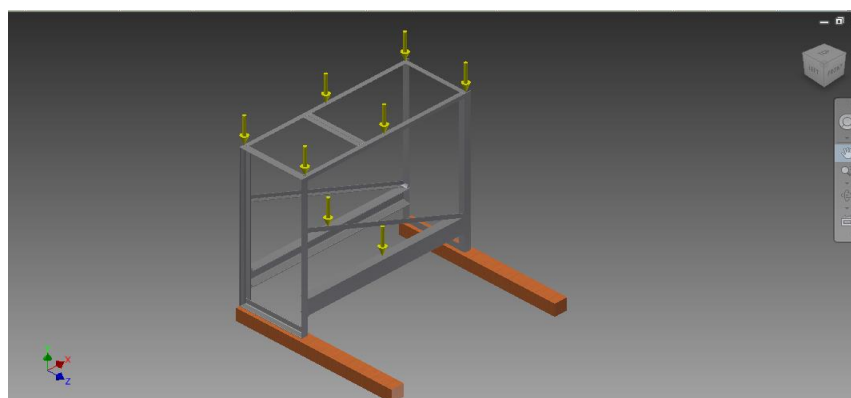


Figura 40.

Elaborado por: Christian Cholca y Andrés Mantilla.

2.7.1.2 Bancada.

En la siguiente tabla se presentan las cargas vivas y muertas que intervienen en la bancada.

Tabla 21.

Cargas vivas y muertas de la bancada.

DESCRIPCION	PESO (N)
Motor	373.3
Polea 5 pulgadas	11.12
Tapa Gradadas	18.26
Operario	666.7
PESO TOTAL	1069.4

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Al realizar un análisis de cargas vivas y muertas de la bancada se determina un valor de 1069.4N por facilidades de cálculos y tomando en consideración que la estructura tiene un peso propio, se llega a aproximar el peso total a 1100N que se encuentran distribuidos para el motor y el operario.

Distribución de peso en la bancada.

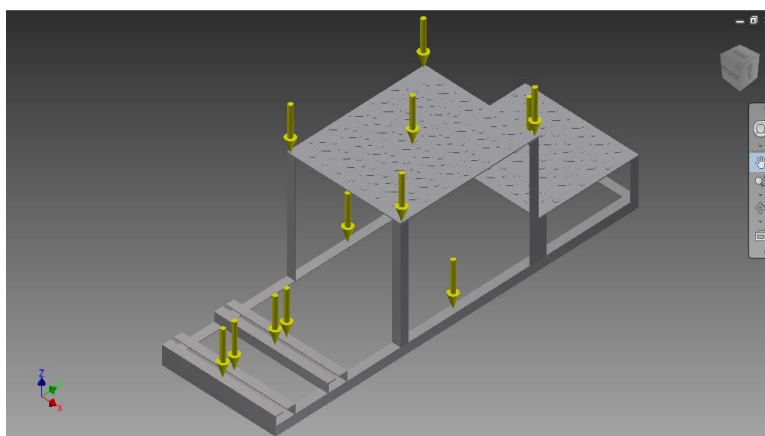


Figura 41.

Elaborado por: Christian Cholca y Andrés Mantilla.

2.7.2 Análisis de la estructura.

Para el análisis de la estructura y bancada se utilizará a herramienta que Autodesk Inventor Professional tiene entre sus opciones, incluyendo cálculos de tensiones, la deformación, el coeficiente de seguridad.

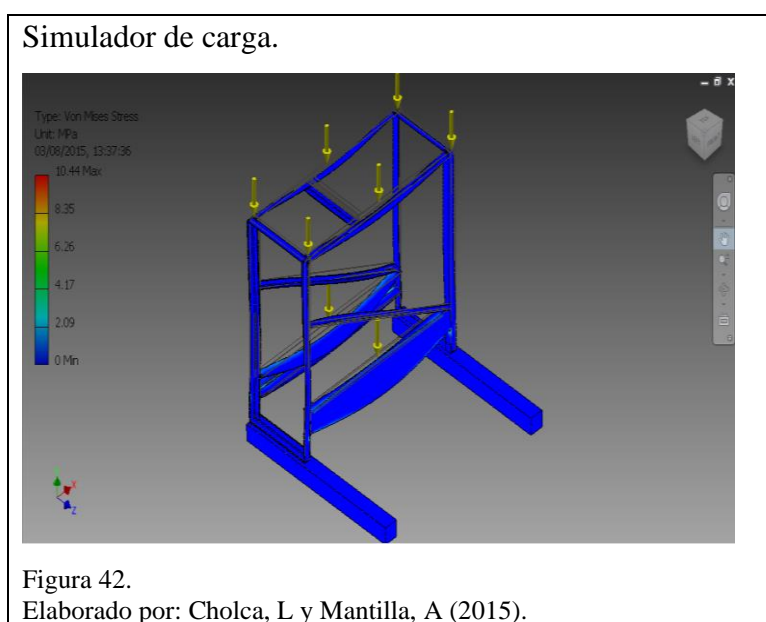
2.7.2.1 Análisis de la estructura general.

Anteriormente se determinó entre cargas muertas y vivas el peso total de la estructura de 1000N repartida de la siguiente manera 100N en la parte superior (que comprenden tolva, tapa de tolva, tapa superior) y 900N en la parte inferior (que incluye criba, ventilador, eje, cilindro desgranador, etc.)

La estructura será construida a partir de perfiles angulares: 30x30x4. (Anexo 16), en su parte inferior una viga tipo C 10x100 (Anexo 17) para evitar la deflexión o apertura de los perfiles estáticamente y en forma operativa.

Aplicando las cargas y considerando el material a ser empleado para la estructura se procede a simular su comportamiento.

La simulación de la carga completa en la estructura se presenta en la siguiente figura.



La simulación del análisis de desplazamiento se muestra en la siguiente figura:

Simulación de desplazamiento.

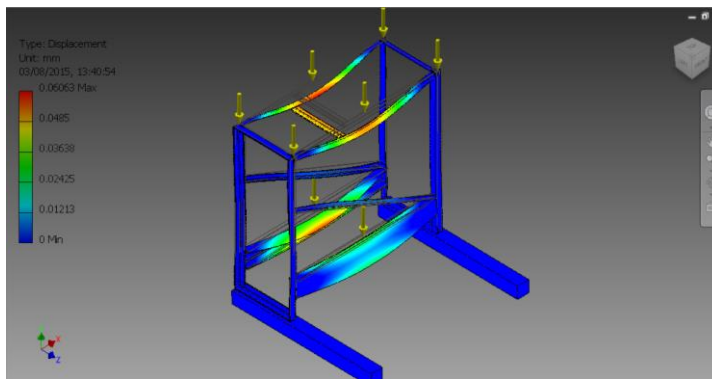


Figura 43.

Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

A continuación en la figura se presenta la simulación del análisis de factor de seguridad:

Factor de seguridad.

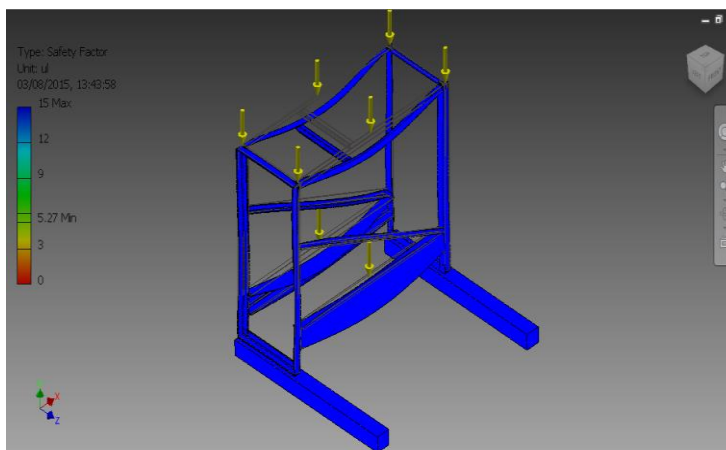


Figura 44.

Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Como se puede observar en la Figura 43 la estructura llega a tener un desplazamiento máximo de 0.068mm.

Como se observa en la Figura 44 la estructura soporta sin ningún inconveniente las cargas, obteniéndose un factor de seguridad mínimo de 5.

Una vez analizado el diseño de la estructura y cumpliendo con los requerimientos con resultados satisfactorios se llega a una conclusión que los perfiles cumplen su trabajo tanto estática como dinámicamente.

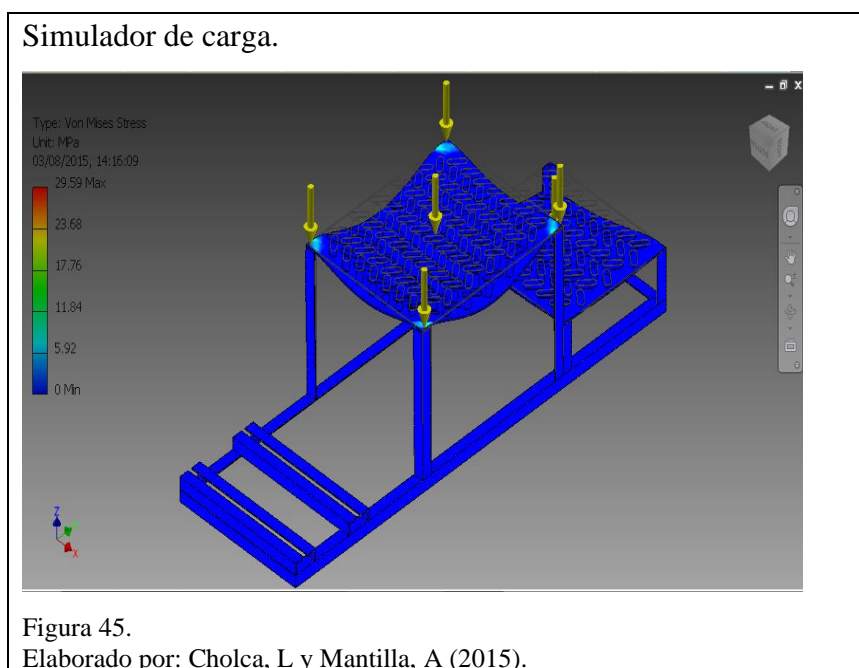
2.7.2.2 Análisis de la bancada.

Anteriormente se determinó entre cargas muertas y vivas el peso total de la bancada de 1100N repartida de la siguiente manera 600N en la parte superior (que comprenden el operario) y 500N en la parte inferior (que incluye motor, polea).

Para construir la estructura se empleará perfiles angulares: 30x30x4 (Anexo 16), en toda su estructura para evitar la deflexión.

Aplicando las cargas y considerando el material a ser empleado para la estructura se procede a simular su comportamiento:

La simulación de la carga completa en la bancada se observa en la siguiente figura.



A continuación en las siguientes figuras se presenta la simulación del análisis de desplazamiento y factor de seguridad:

Simulación de desplazamiento.

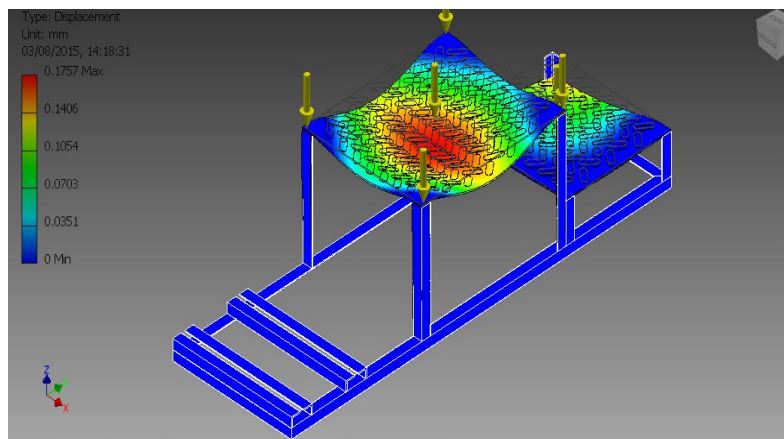


Figura 46.

Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

A continuación en la figura se presenta la simulación del análisis de factor de seguridad de la bancada:

Factor de seguridad.

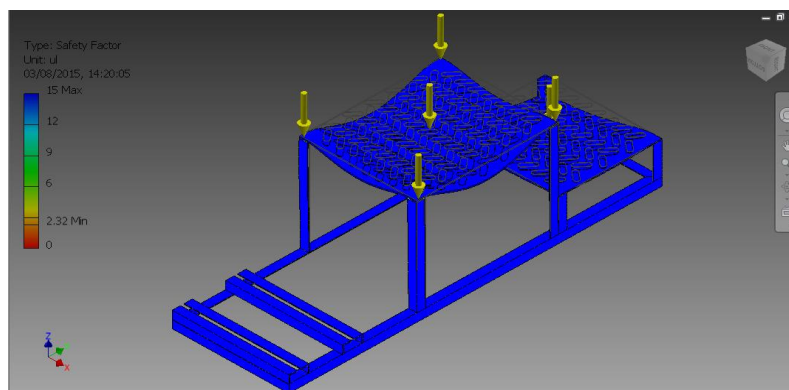


Figura 47.

Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Como se puede observar en la Figura 46 la bancada llega a tener un desplazamiento máximo de 0.17mm.

Como se puede observar en la Figura 47 la bancada soporta sin ningún inconveniente las cargas, obteniéndose un factor de seguridad mínimo de 2.3.

Una vez analizado el diseño de la estructura y cumpliendo con los requerimientos con resultados satisfactorios se llega a una conclusión que los perfiles cumplen su trabajo tanto estática como dinámicamente.

Capítulo 3

Análisis de costos y experimentación

3.1 Generalidades

El presente capítulo es el desarrollo de los costos analizados mediante la elaboración de un registro de todos los elementos y mecanismos utilizados para el diseño y construcción de la máquina, evaluando el costo en el mercado para luego calcular un valor que genere una utilidad en función al costo de operación realizada.

Se realiza también un análisis experimental para determinar y comprobar que grado de humedad y tamaño del grano es el más adecuado para que la máquina desgrane y funcione de una manera más eficiente.

Para el análisis de costos se consideran ciertos parámetros y se adoptan criterios para definir el costo total de la máquina tales como:

- Costos directos
- Costos por mecanizado
- Costo de mano de obra
- Costos indirectos
- Costo total

3.2 Costos

3.2.1 Costos directos.

Los costos directos se refieren a todos esos costos de materias primas, accesorios, uniones normalizadas

Tabla 22.
Costos materiales directos.

Ítem	Descripción	Cant.	Dimensiones	Material	Costo Unitario	Total (USD)
1	Eje motriz	1	Ø1½"x150	AISI 1018	\$18,00	\$18,00
2	Tubo Cédula 40	1	Ø4"x100	AISI 304	\$15,30	\$15,30
3	Tapas de Cilindro	2	Ø4"x25	AISI 1018	\$4,25	\$8,50

4	Dados	21	Ø3/4"x 60	AISI 1018	\$0,48	\$10.08
5	Plancha de Acero (3mm)	1	1000x500x3	ASTM A36	\$28.00	\$28.00
6	Plancha de Acero (2mm)	1	1000x700x2	ASTM A36	\$26,00	\$26,00
7	Plancha de Acero (4mm)	1	1000x800x4	ASTM A36	\$32,00	\$32,00
8	Polea Móvil	1	Ø4"	Aluminio	\$3.50	\$3.50
9	Polea Conducida	1	Ø20"	Aluminio	\$17,50	\$17,50
10	Bandas	2	Tipo A	Cuero	\$4,57	\$9,14
11	Chumaceras Pared	2	Ø1½"	Acero	\$25,5	\$51,0
12	Chaveta para eje conductor	1	10x10x700	AISI 1010	\$0,70	\$0,70
13	Chaveta para eje conducido	1	10x8x700	AISI 1010	\$0,65	\$0,65
14	Ángulos de acero		1x1.5x3	ASTM A36	\$0,80	\$11,20
15	Pasador cilíndrico	1	Ø12x70	DIN 471	\$1,20	\$1,20
16	Criba	1		ASTM A36	\$18,50	\$18,50
17	Malla de Trébol	1	1100x410x2	ASTM A36	\$9,50	\$9,50
18	Motor	1	16 HP		\$750	\$750
19	Combustible	1	1 Galón		\$2,00	\$2,00
20	Pernos M16	12	M18x100	DIN 931	\$0,30	\$3,60
21	Tuerca M16	12	M18	DIN 934	\$0,62	\$7,44
22	Arandelas 16	12	Ø16x1,5	DIN 125	\$0,08	\$0,96
23	Pernos M12	4	M12x60	DIN 931	\$0,22	\$0,88
24	Tuerca M12	4	M12	DIN 934	\$0,50	\$2,00
25	Arandelas 12	4	Ø12x1,5	DIN 125	\$0,05	\$0,20
26	Pernos M8	50	M8x30	DIN 931	\$0,18	\$9,00
27	Tuerca M8	50	M8	DIN 934	\$0,25	\$12,5
28	Fondo	1	1 Litro		\$5,00	\$5,00
29	Pintura	1	1 Litro		\$5,00	\$5,00
Sub total						\$1061.03

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

3.2.2 Tiempo de mecanizado.

Para la determinación del costo unitario de los elementos mecanizados, se debe realizar la recopilación de tiempos empleados en cada máquina herramienta la cual se refleja en la en la siguiente tabla.

Tabla 23.
Tiempos de mecanizado.

ELEMENTO	CANTIDAD	TIEMPOS DE MECANIZADO				
		TORNO	FRESADORA	TALADRO	DOBLADORA DE TOOL	CIZALLADO
Eje motriz	1	1	1	0,5	0	0
Tubo Cedula 40	1	1	0	1	0	0
Tapas de Cilindro	2	1	0	0	0	0
Dados	21	1	0	0	0	0
Criba	1	0	0	1	0,5	0,5
Bancada	1	0	0	0,5	0	0
Estructura	1	0	0	0,5	0	0
Tolva	1	0	0	0,5	0,5	0
Pared Izquierda	1	0	1	0,5	0	0,5
Pared Derecha	1	0	1	0,5	0	0,5
Tapa Frontal	1	0	0	0,5	0	0,5
Tapa Trasera	1	0	0	0,5	0	0,5
Ventilador	1	1	0	0	1	0,5
TOTAL DE HORAS		5	3	6	2	3

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

3.2.3 Tiempo de ensamblado.

Para la determinación de los elementos a ser ensamblados, se realiza la recopilación de tiempos empleados en cada proceso la cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 24.
Tiempos de ensamble.

ELEMENTOS	CANTIDAD	TIEMPOS DE ENSAMBLE			
		SOLDADORA	AMOLADORA	COMPRESOR	HERRAMIENTA MANUAL
Tolva	1	0,5	0,2	0	0
Bancada	1	1	0,2	0	0
Estructura	1	1	0,5	0	0
Tapa de Poleas	1	0,5	0,2	0	0
Ventilador	1	1	0,5	0	0
Voluta	1	0,5	0,2	0	0
Montaje Final	1	0	0,2	2	5
TOTAL DE HORAS		3	2	2	5

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

3.2.4 Costos por máquinas y equipos utilizados.

Los costos por maquinaria y equipos utilizados se detallan a continuación como el tiempo de cada equipo.

Tabla 25.
Costo máquina.

MÁQUINA/ HERRAMIENTA	COSTO /HORA (USD)	HORAS EMPLEADAS	COSTO (USD)
Torno	\$8,00	5	\$40,00
Taladro	\$4,00	6	\$24,00
Fresadora	\$7,00	3	\$21,00
Dobladora de Tool	\$5,00	2	\$10,00
Soldadora	\$6,00	3	\$18,00
Amoladora/ pulidora	\$4,00	2	\$8,00
Compresor	\$5,00	2	\$10,00
Cizalladora	\$4,00	3	\$12,00
Herramienta manual	\$5,00	5	\$25,00
		Sub total	\$168,00

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

3.2.5 Costo de mano de obra directa.

Los costos de mano de obra se detallan a continuación.

Tabla 26.
Costo mano de obra.

TRABAJADOR	SALARIO /HORA	HORAS EMPLEADAS	COSTO (USD)
Técnico mecánico	\$2,50	20	\$50,00
Técnico soldador	\$2,00	2	\$4,00
Técnico tornero	\$2,00	5	\$10,00
Ayudante	\$1,50	20	\$30,00
		Sub total	\$94,00

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

3.2.6 Costos directos totales.

Los costos directos totales se expresan a continuación.

Tabla 27.
Costos directos totales.

DESCRIPCION	VALOR (USD)
Costo total de materiales	\$1061.03
Costo total de mano de obra	\$94,00
Costo por maquinaria y equipos utilizados	\$168,00
Total costos indirectos	\$1323.03

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

3.2.7 Costos indirectos.

Se denomina a costos indirectos el conocimiento de los diseñadores y los imprevistos que se produce en la construcción del proyecto mecánico.

Tabla 28.
Costos indirectos.

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJES DIRECTOS (%)	VALOR (USD)
Costo Ingeniería	15	\$196,5
Imprevistos	15	\$196.5
Total Costos Indirectos		\$393

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

3.2.8 Costo total.

El costo total del diseño y construcción de la desgranadora de maíz se determina sumando los costos directos más los costos indirectos, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 29.
Costo total.

DESCRIPCION	VALOR (USD)
Costos Directos	\$1310.03
Costos Indirectos	\$393
Costo Total	\$1703.03

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

3.3 Análisis experimental de la desgranadora

Para el experimento se plantea la comprobación del funcionamiento correcto de la máquina y obtención del producto desgranado.

En primer lugar se realizó en un laboratorio el análisis de humedad de diversos maíces a ser desgranados para poder tabular y concluir que maíz es el indicado a desgranar sin obtención de pérdidas ni daños en el producto. En la siguiente figura se indica muestras de varios tipos de maíces para ser analizados.

Muestras de varios tipos de maíz.



Figura 48.
Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Para su funcionamiento el número de revoluciones están en un rango de 800 a 1000 rpm dependiendo del grado de humedad y tamaños del producto. (Ref. Pág.36).

Según datos proporcionados por el laboratorio Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central, se tiene en conocimiento los porcentajes de humedad de los tipos de maíces a experimentar (Anexo 18). En la Tabla 30 se presentan los porcentajes de humedad de cada muestra analizada.

Tabla 30.
Muestras de varios tipos de maíz.

ITEM	DENOMINACION DEL MAIZ	PORCENTAJE DE HUMEDAD
Muestra 1	Maíz harinoso	11,98 %
Muestra 2	Maíz suave	34,05 %
Muestra 3	Morocho	10,18 %
Muestra 4	Maíz dentado	14,32 %

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Para la realización de las pruebas de desgranado se procede a tomar una determinada cantidad de cada tipo de maíz a experimentar.

Maíz a experimentar.



Figura 49.

Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

3.3.1 Prueba 1 (800 rpm).

En la siguiente tabla se indica el tiempo de desgranado y el aspecto del grano con cada muestra a 800 rpm.

Tabla 31.

Tabulación prueba 1.

ITEM	TIEMPO DE DESGRANADO (min.)	CANTIDAD MAIZ DESGRANADO (qq)	ASPECTO DE DESGRANADO (visual)
Muestra 1	0,56	1/4	Entero
Muestra 2	0,94	1/4	Destrozado
Muestra 3	0,4	1/4	Entero
Muestra 4	0,43	1/4	Entero

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

A continuación se realiza una ponderación de cada muestra con respecto al tiempo de desgranado a 800 rpm, expresado en la siguiente figura.

Ponderación de prueba 1.

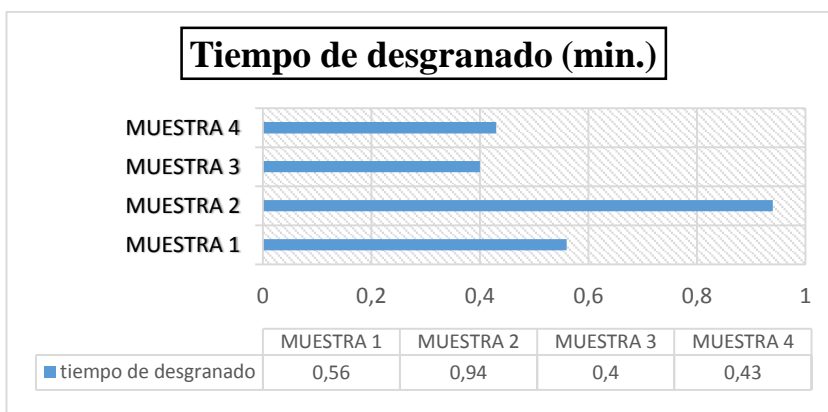


Figura 50.

Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Como resultado de la Figura 50 se obtiene que el maíz con grado de humedad mayor como la muestra 2 produce mayor tiempo de desgranado y su aspecto es quebradizo, mientras que la muestra 3 con menor grado de humedad se desgrana en menor tiempo, obteniendo granos enteros en su totalidad.

3.3.2 Prueba 2 (1000 rpm).

En la siguiente tabla se observa el tiempo de desgranado y el aspecto del grano con cada muestra a 1000 rpm.

Tabla 32.

Tabulación prueba 2.

ITEM	TIEMPO DE DESGRANADO (minutos)	CANTIDAD MAIZ DESGRANADO (qq)	ASPECTO DE DESGRANADO (visual)
Muestra 1	0,43	1/4	Semi-entero
Muestra 2	0,81	1/4	Destrozado
Muestra 3	0,32	1/4	Entero
Muestra 4	0,37	1/4	Semi-entero

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Se realiza una ponderación de cada muestra con respecto al tiempo de desgranado a 1000 rpm, con sus resultados en la siguiente figura.

Ponderación de prueba 2.

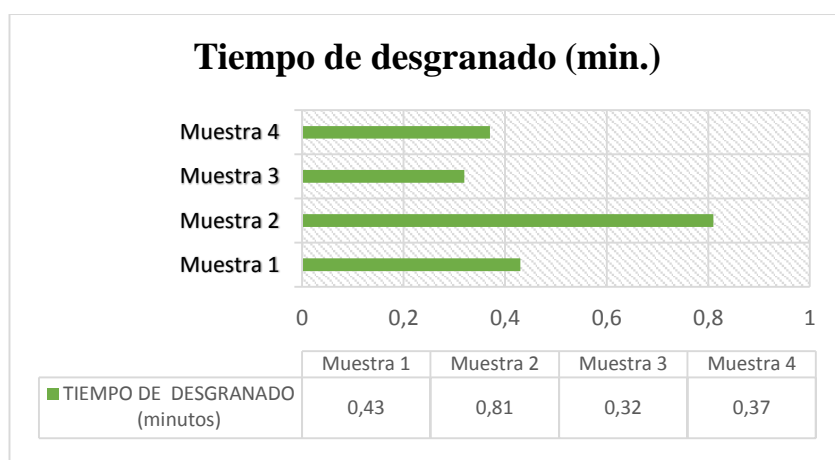


Figura 51.

Elaborado por: Christian Cholca y Andrés Mantilla.

Como resultado se obtiene que el aumento de revoluciones en el cilindro produce un desgranado más rápido, pero el maíz con poca humedad resulta quebradizo o semi entero para su recolección.

3.3.3 Prueba 3 (Varios tamaños).

Para el siguiente experimento se desea determinar si el tamaño de las mazorca afecta en la producción de la máquina.

Tabla 33.
Tabulación prueba 3.

ITEM	ESPECIFICACIONES	CANTIDAD MAIZ DESGRANADO (qq)	ASPECTO DE DESGRANADO (visual)
Prueba 1	Tamaños pequeños	1/4	Semi-Entero
Prueba 2	Diversos tamaños	1/4	Desgranado
Prueba 3	Tamaños grandes	1/4	Desgranado

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Como resultado se obtiene que en la Prueba 1 los tamaños pequeños de maíz no desgranar de forma correcta y satisfactoria, obteniendo lo contrario en las Prueba 2 y 3 respectivamente. Los resultados se observan en la siguiente figura.

Resultados del producto terminado.

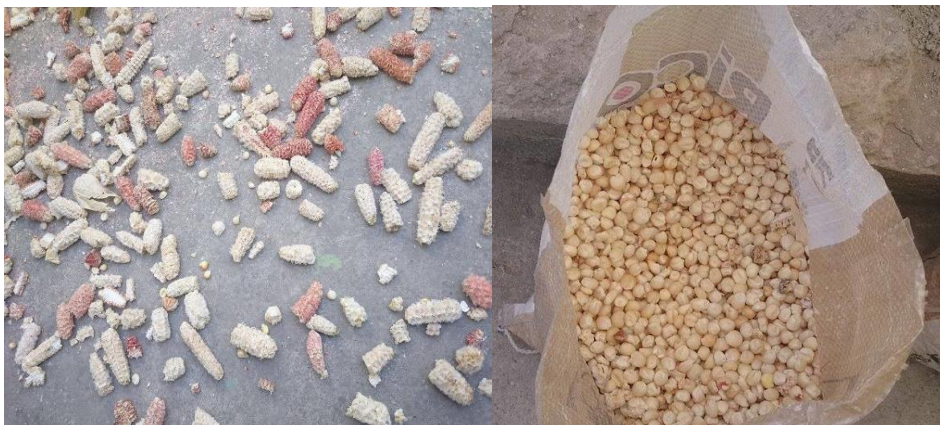


Figura 52.
Elaborado por: Christian Cholca y Andrés Mantilla.

3.3.4 Prueba 4 (Tiempos de desgranado).

Para el siguiente experimento se desea determinar el tiempo de desgranado manual respecto al desgranado de la máquina.

Tabla 34.
Tabulación prueba 4.

ITEM	ESPECIFICACIONES	CANTIDAD MAIZ DESGRANADO (qq)	TIEMPO DE DESGRANADO (minutos)
Prueba 1	Desgranado Manual	1/2	25
Prueba 2	Desgranado Máquina	1/2	0,54

Nota: Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

En la siguiente figura se elabora una ponderación del tiempo de desgranado manual con respecto al desgranado con la máquina.

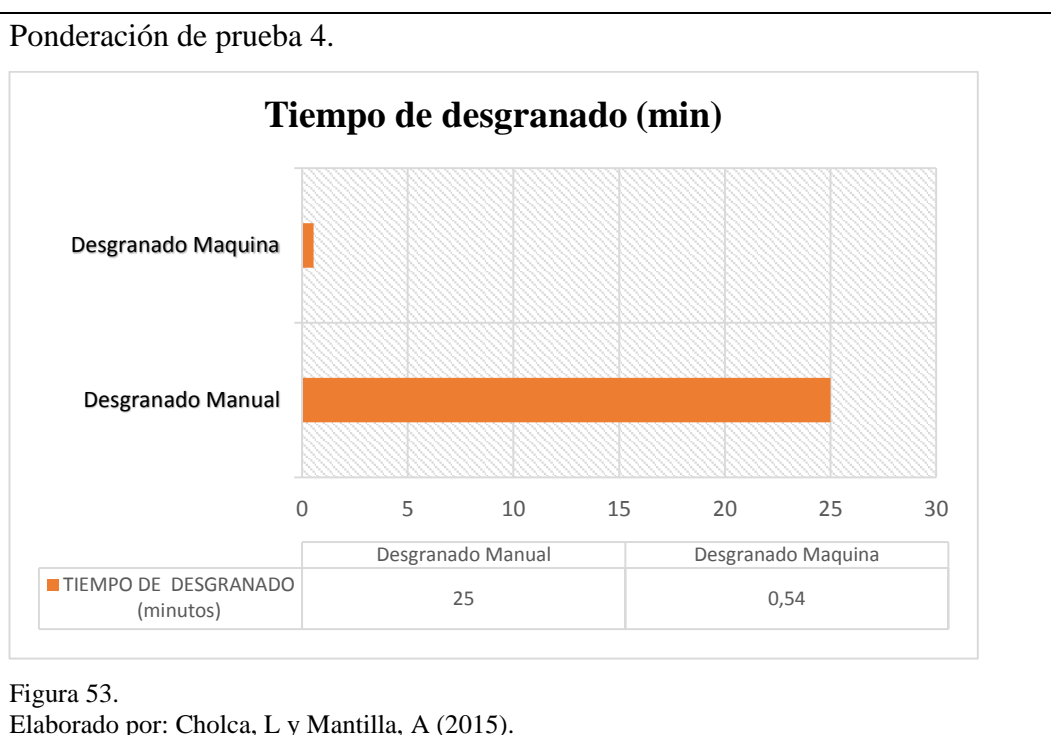


Figura 53.
Elaborado por: Cholca, L y Mantilla, A (2015).

Como resultado se obtiene que en la Prueba 1 el tiempo de desgranado es mayor, mientras la Prueba 2 posee menos tiempo de desgranado pero se obtiene mayor volumen de producción.

3.3.5 Resultados del análisis experimental.

Una vez realizado el experimento con los diversos tipos de maíces, se denota los siguientes resultados:

- Se determinó que el maíz por su grado de humedad Tabla 30 tiene cambios en su proceso de desgranado, cuando el maíz se encuentre seco o con poca humedad más rápido será su producción, mientras el maíz se encuentre húmedo su proceso y rendimiento serán menor.
- Al introducir las mazorcas mezcladas en sus diversos tamaños (Tabla 33) observamos que su desgranado no produce mucha pérdida, obteniendo una producción mayor, en casos especiales el maíz llega a salir casi entero o quebradizo cuando el tamaño es muy pequeño de los tamaños promedios.
- Al experimentar el desgranado, además de observar los resultados en la Figura 50 y Figura 51, se puede concluir que la máquina está diseñada y apta para trabajar con varios tipos de maíces con una humedad recomendada del 10 al 16%.
- A base de múltiples pruebas de funcionamiento Tabla 31 y Tabla 32 se ha concluido que la velocidad en el cilindro, además de un grado de humedad entre 10 al 16%, para que la máquina cumpla los objetivos del proyecto es de alrededor de 850 rpm, si la velocidad excede la calidad del grano no es la mejor.
- La máquina respecto a un costo beneficio es muy rentable, por motivos de tiempo de desgranado, mano de obra con relación a un desgranado manual, la capacidad de producción de la máquina es aproximadamente de 25 qq/hora o superior, mayor a la que se propuso en un principio.
- Mientras se realizó pruebas de los diversos tipos de maíz se determinó que el rendimiento de la máquina será mayor mientras el maíz se encuentre más seco y su grado de humedad no baje del 10%.

Conclusiones:

Una vez terminado el presente proyecto: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DESGRANADORA DE MAÍZ CON CAPACIDAD DE 15QQ/HORA” se denotan las siguientes conclusiones:

- La máquina desgranadora cumple con el objetivo de diseño y construcción de forma satisfactoria, puesto que todos los cálculos, y trabajos realizados en las máquinas han sido ejecutados adecuadamente y de acuerdo a los requerimientos establecidos inicialmente.
- La máquina se diseñó de forma sencilla para que todos los materiales se puedan encontrar en el mercado nacional, lo que permite un fácil acceso a repuestos para daños que se puedan dar, además de no afectar al pequeño agricultor en tiempo y dinero.
- En el diseño de la máquina no se llegó a emplear materiales inoxidables por motivo que el maíz es un producto seco que solo necesita ser golpeado por los dados para ser separado de la mazorca, este producto a su vez es llevado a la cocina para su cocción.
- La máquina tuvo poca dificultad en su construcción y montaje de elementos que lo conforman, esto produce una ventaja para realizar un mantenimiento periódico.
- Su sistema de desgranado con dados se diseñó para que el maíz no se rompa al momento de desgranar obteniendo así un producto entero, limpio y en menor tiempo posible.
- Puede ser operada por una persona que posea conocimiento previo del sistema de desgranado, es decir de la humedad del maíz depende las revoluciones del sistema de desgranado.

Recomendaciones:

- Para efectuar el diseño correcto de la máquina se debe conocer los parámetros y datos fundamentales del producto, para obtener el mecanismo ideal de operación planteado.
- Es importante en el diseño un factor de seguridad confiable para todos los elementos que cumplen con el desempeño satisfactorio de la máquina.
- De ninguna manera se debe forzar excesivamente la producción de desgranado de la máquina porque producen daños y reducen su vida útil.
- Se debe realizar un mantenimiento periódico de los elementos, asegurando la vida útil de los componentes de la desgranadora.
- La limpieza de la desgranadora se la debe realizar cuando está sin funcionamiento, retirando las impurezas o tusas que no llegaron a ser expulsadas.
- Durante su funcionamiento al introducir las mazorcas en la tolva, es importante no ingresar las manos más allá de la tapa de esta (cilindro en funcionamiento), también no acercarse o ingresar las manos al ventilador recordando que gira a 1000 rpm.
- La desgranadora puede ser utilizada con un motor eléctrico de la misma capacidad cuando este llegue a ser empleado en un sitio fijo de trabajo y producción.
- Revisar periódicamente el nivel de aceite y combustible en el motor (ANEXO B), para evitar daños de los componentes internos, recordando que el motor trabajará en condiciones de ambientes abiertos.
- La difusión en otras comunidades que ayuden y permitan el proceso de desgranado de maíz para el proceso del pequeño agricultor.

Referencias

- Agicolas, C. P. (2000). *Perfeccionadora en Espiga Desgranadora de Maíz*. Obtenido de Perfeccionadora en Espiga Desgranadora de Maíz: <http://patentados.com/invento/perfeccionamientos-maquinas-trilladoras-deshojadoras-desgranadoras-maiz.2.html>
- Arroba, D., & Loyola, W. (2014). *Diseño y construcción de una máquina pulidora de tubos cuadrados de hasta 2-1/2"*. Quito.
- Arroba, D., & Loyola, W. (15 de Febrero de 2014). *Diseño y construcción de una máquina pulidora de tubos cuadrados de hasta 2-1/2"*. Quito. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6311>
- Bhöler. (2007). *Catálogo de Aceros*. Ecuador.
- Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (8va ed.). México: Mc Graw Hill.
- Cadersa. (s.f.). *Cadersa*. Obtenido de <http://www.cadersa.es/Pag72.htm>
- Cardesa Cadena & Derivados S.A. (21 de 07 de 2015). *Cardesa*. Obtenido de <http://www.cadersa.es/Pag72.htm>
- CIRSOC. (2005). *Instituto Nacional de Tecnología Industrial*. Obtenido de <http://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/102/comentarios/tablasC102.pdf>
- Cuñas, E. (2014). *Diseño y construcción de un extractor centrífugo para almidón de yuca*. Quito.
- FAO. (2015). *Depósito de Documentos de la FAO*. Obtenido de Depósito de Documentos de la FAO: <http://www.fao.org/docrep/x5059s/x5059S01.htm>
- FAO. (2015). *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s24.htm>
- FAO. (s.f.). *Tipos de Maíz*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s07.htm>
- Giacosa, D. (s.f.). *Motores Endotérmicos* (3ra ed.). Dossat.
- Greene, R. (s.f.). *Compresores: Selección, uso y mantenimiento*. México: Mc Graw Hill.
- Hernández, J. (Enero de 2009). *El origen y la diversidad del maíz en el continente americano*. Obtenido de Greenpeace: <http://www.greenpeace.org/mexico/global/mexico/report/2009/3/el-origen-y-la-diversidad-del.pdf>
- Induhorst. (s.f.). *Catálogo General*. Quevedo.
- INEC. (2009). *Ecuador en Cifras*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Maiz.pdf>

- Kochen, E., Sandhu, R., & Axtell, B. (1998). *Procesamiento de Cereales*. Lima: ITDG-Perú.
- La Merce. (s.f.). Obtenido de <http://lamerce.com/mecanic/images/fregament.pdf>
- Maíces del Nansa. (1 de Octubre de 2013). *Algunas Formas Tradicionales del Desgranado Manual de Maíz*. Obtenido de Algunas Formas Tradicionales del Desgranado Manual de Maíz: <http://maicesdelnansa.blogspot.com/2013/10/algunas-formas-tradicionales-del.html>
- Maquinco. (2010). *Maquinco*. Venezuela. Obtenido de <http://www.maquinco.com/productos/agricola/0-desgranadora/images/pdf/2.pdf>
- Martin. (s.f.). *Catálogo de transmisión por bandas*. Obtenido de [http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-sheaves/poleas-para-banda-v-de-martin-\(martin-v-belt-sheaves\).pdf?sfvrsn=9](http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-sheaves/poleas-para-banda-v-de-martin-(martin-v-belt-sheaves).pdf?sfvrsn=9)
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2014). *Maíz duro seco*. Obtenido de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/BoletinesCultivos/maizduro.pdf>
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas* (4ta ed.). México: Pearson Educación.
- Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos* (6ta ed.). México: Pearson Educación.
- Novacero. (2015). *Catálogo de productos*. Obtenido de <file:///C:/Users/Andres/Downloads/CATALOGO-2015-PRODUCTOS-NOVACERO.pdf>
- Observatorio Regional de Innovaciones Tecnológicas en cadenas de maíz y frijol. (2013). *Guía para el trillado de frijol y desgranado de maíz*. Obtenido de Guía para el trillado de frijol y desgranado de maíz: <http://www.observatorioresicta.info/es/publicaciones/guia/2013/guia-para-el-trillado-de-frijo-y-desgranado-de-maiz>
- Ozaeta, A., Flórez, L., & Higuera, O. (17 de Noviembre de 2013). *Scientific Electronic Library Online*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-11292013000200004&script=sci_arttext
- PDVSA. (2006). *Manual de diseño de proceso: Ventiladores*. Obtenido de <https://alemansistem.files.wordpress.com/2015/02/ventiladores.pdf>
- Promainco. (2015). *Promainco*. Obtenido de <http://www.promainco.com/productos-para-la-construccion/motor-i-c/>
- Rodríguez, H. (s.f.). *Ingemecánica*. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>

- SKF. (2014). *SKF Power Transmission products*. Obtenido de http://www.skf.com/binary/21-139508/Power_Transmission_Products_11015_EN.pdf
- SKF Rodamientos. (15 de 06 de 2015). *SFK Rodamientos*. Obtenido de SKF Rodamientos: <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-flanged-units/cast-housing-square-flange-grub-screw-locking/index.html?prodid=2125138108&imperial=true>
- SKF. (s.f.). *Vida útil y capacidad de carga de los rodamientos*. Obtenido de <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/roller-bearings/principles/selecting-bearing-size/bearing-life/index.html>
- Smith, D., Sims, B., & O'Neil, D. (1994). Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*.
- Soler y Palau. (2011). *Catálogo S y P*. Obtenido de <http://www.fmcm.com.mx/manuales/Soler&Palau/Comercial%20e%20Industrial.pdf>
- Ternium. (2 de Julio de 2012). *Información técnica: Tuberías y perfiles*. Obtenido de <http://www.ternium.com.mx/files/Informacion-Tecnica-Tuberia-Y-Perfiles.pdf>
- Ureña, J., & Villavicencio, J. (2012). *Diseño y construcción de una máquina para el proceso de desgranado de maíz de la Costa*. Riobamba.
- Weiku. (2012). *Venta de máquinas agrícolas*. Obtenido de Venta de máquinas agrícolas: http://www.weiku.com/products/19706663/Sale_home_use_wax_candle_making_machine_candle_extruder_machine_Mobile_0086_15238020768.html
- Yabur, C. (Abril de 2013). *SIPSE*. Obtenido de <http://sipse.com/noticias/semilla-de-maiz-mejorada-deja-menos-produccion-que-la-criolla-27373.html>
- Yáñez Camacho, F. M. (2010). *Estudio del sistema mecánico aplicado al desgranado de maíz suave seco para mejorar tiempos de producción en el cantón San Miguel provincia de Bolívar*. Obtenido de Estudio del sistema mecánico aplicado al desgranado de maíz suave seco para mejorar tiempos de producción en el cantón San Miguel provincia de Bolívar: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1267/1/Tesis%20I.%20M.%20112%20-%20Y%C3%A1nez%20Camacho%20Fredy%20Miguel.pdf>

Anexo a

Manual de operación

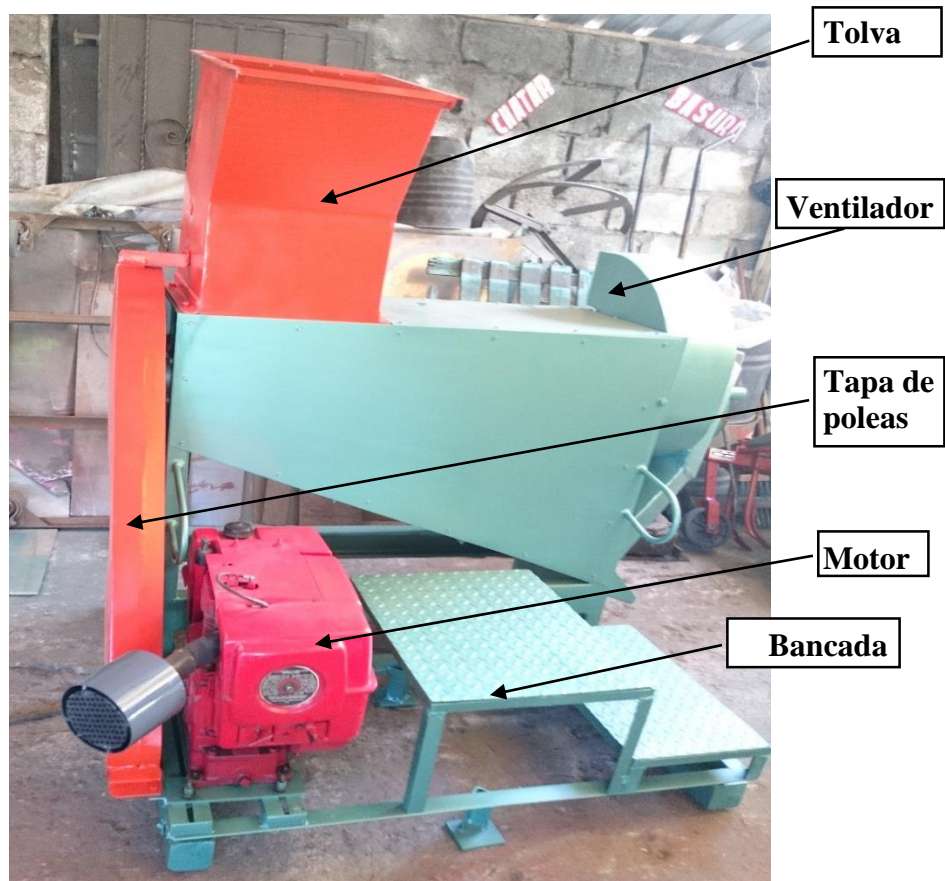
La máquina posee 3 etapas para su funcionamiento, en la parte superior se encuentra la tolva donde se depositan los maíces, luego pasa a un cilindro dentado en su interior, que cumple la función de desgranado a velocidades altas, y por último el ventilador el cual expulsa tucas, basuras, etc. al exterior por lo que es necesario su funcionamiento en lugares a campo abierto.

Para la operación de la máquina se requiere de una persona, pero por lo general se encuentra un auxiliar que realiza la recolección de los granos a los costales.

Para proceder a una buena operación de la máquina se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.

1. Revisar los elementos normalizados empleados en la máquina y supervisar que se encuentren debidamente ajustados.
2. Revisar el nivel de combustible en el tanque de almacenamiento del motor.
3. Utilizar gafas y tapones para los oídos como parte del equipo de seguridad.
4. Encender el motor de combustión interna y dejarlo encendido durante 1 minuto antes de introducir el maíz.
5. Regular el número de revoluciones del motor que estará entre 800 a 1000 rpm dependiendo del maíz a desgranar.
6. Depositar aproximadamente $\frac{1}{4}$ de quintal de maíz en la tapa superior de la tolva (cerrada) y lentamente abrirla, mientras el maíz se desliza a la cámara de desgranado, procurar no ingresar las manos cuando la tapa esté abierta.
7. La recogida de los granos de maíz se realiza en el plato inferior de recolección. Se emplea grandes telas, esteras, o costales para su almacenamiento.
8. Una vez que haya terminado de desgranar la máquina, se recomienda bajar el número de revoluciones del motor o detenerla mediante el apagado.
9. Asegurarse la interrupción de cualquier tipo de funcionamiento de la máquina para evitar accidentes.
10. Si la máquina es transportada se recomienda desarmarla con cuidado, considerando que las partes a desarmar son: la bancada, motor y la tapa de poleas.

Partes de la desgranadora de maíz.



Anexo b

Mantenimiento

Para evitar posibles daños futuros o averías en la máquina, es necesario realizar la supervisión periódica de la máquina, esto es posible aplicando el mantenimiento preventivo o correctivo según sea el caso. Las principales actividades a realizarse para perdurar la vida útil de la máquina son:

Limpieza de la cámara desgranadora.

Se recomienda la limpieza de los residuos de mazorca que pueden llegar a quedarse en la criba durante el proceso de desgranado, esta actividad se debe realizar cuando la máquina esté sin funcionamiento.

Lubricación de elementos.

Se recomienda la lubricación de una vez por mes las chumacera que consta de rodamientos de bolas, además realizar su cambio cuando cumpla su ciclo de trabajo de aproximadamente 5 años.

Ajuste y cambio de bandas.

El proceso de trabajo de las bandas, hace que lleguen a estirarse perdiendo la tensión adecuada o quebrarse, se recomienda su verificación antes de ponerla en funcionamiento, si la banda se encuentra muy delgada y fisurada es preferible el cambio respectivo.

Ajuste de elementos.

Debido al trabajo y vibración que se produce en la máquina los pernos y tuercas llegan a desajustarse, produciendo desbalance del mecanismo por lo que se recomienda verificar el apriete de los elementos una vez al mes antes de su funcionamiento.

Mantenimiento del motor.

El motor es el elemento principal del mecanismo, como su trabajo se realiza en campo abierto se recomienda la limpieza de polvo, residuos, suciedad que pueden estar en el motor, un correcto nivel de aceite y cambio del mismo cuando sea necesario, además de siempre procurar llenar el tanque de abastecimiento de gasolina limpia y fresca.

CHECK LIST (MANTENIMIENTO)

	HOJA DE MANTENIMIENTO				
	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	ANUAL	OBSERVACIONES
ACEITE DEL MOTOR					
Revisión de nivel		X	X		
Cambio				X	
FILTRO DE AIRE					
Revisión - Limpieza	X	X			
Cambio				X	
BUJIA DE MOTOR					
Revisión			X		
Cambio					
COMBUSTIBLE					
Revisión de nivel	X				
Revisión de filtro			X		
Llenado					Consumo del motor
BANDAS					
Revisión de Bandas		X			
Cambio				X	Material desgastado
CHUMACERAS					
Revisión - Engrasado			X		Engrasador
Cambio					Ruido o Rozamientos
AJUSTE DE ELEMENTOS					
Revisión	X				Tactil
Ajuste			X		Herramientas manual

Anexo c

Tablas de datos para cálculos de diseño

Anexo 1 Características del maíz.

CARACTERISTICAS IMPORTANTES:	
1. Agronómicas y Morfológicas	Promedio
Días a la floración femenina:	102
Días a la cosecha en choclo:	135
Días a la cosecha en seco:	225
Altura de planta:	250 cm
Altura de mazorca:	140 cm
Longitud de la mazorca:	18 cm
Formas de consumo:	Choclo, tostado, harina, mote, humitas
Rendimiento comercial en choclo:	190 sacos de 125 unidades /ha
Rend. comercial grano seco:	85 qq/ha
No. de hileras por mazorca:	10
Color del grano seco:	Amarillo
Color del grano tierno:	Crema
Color de la tusa:	Rosada 80% Blanca 15% Morada 5%
Tipo de grano:	Harinoso
Textura del grano:	Suave
2. De calidad * (base seca)	
Humedad:	13.03%
Proteína:	8.13%
Azúcares totales:	2.32%
Almidón:	74.57%
Acentación de choclo y grano seco:	Buena

Fuente: INIAP.

Anexo 2 Características técnicas de una desgranadora.

Desgranadora de Maiz B350	
CARACTERISTICAS TECNICAS	
Modelo	B-350
Producción Bolsa / Hora - Saca 60 kg	
Frijol	16 a 31
Maiz	18 a 42
Soja	16 a 21
Arroz (con cascara)	15 a 25
Peso (kg)	380 c/p - 320 s/p
Largo (mm)	2.570 mm
Ancho (mm)	1.900 mm
Alto (mm)	1.610 mm
Motor Estacionario	10 - 12 cv
RPM	800 a 900
Opcional: Kit para frijol de corda	Sí

Fuente: Maquinco (2010).

Anexo 3 Factor de servicio potencia corregida.

Máquinas motrices	Motores eléctricos cd = 2 cn Motores térmicos multicilindros > 600 rpm			Motores eléctricos c maxi > 2 cn Monocilindro < 600 rpm		
	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d
<i>Cargas uniformes ligeras:</i> Agitadores para líquidos, bombas y compresores centrifugos-ventiladores hasta 7,5 Kw Pequeños transportadores	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
<i>Cargas uniformes medias:</i> Transportadores de cinta (arena, grano) Ventiladores superiores 7,5 Kw Generadores-alternadores, máquinas herramientas Maquinaria artes gráficas, prensas, cizallas, lavadoras, bombas rotativas.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
<i>Cargas irregulares con sobrecargas:</i> Maquinaria para ladrillos y cerámica Elevadores con canchales. Compresores y bombas de pistones. Maquinaria papel. Pulverizadores. Maquinaria textil.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
<i>Cargas irregulares y sobrecargas importantes:</i> Molinos, machacadoras, laminadoras, calandras mezcladoras. Gruas, dragas.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8
Cargas muy irregulares y grandes sobrecargas.	2	2	2	2	2	2

Fuente: Rodríguez (s.f.).

Anexo 4 Potencia de motor de combustión interna.

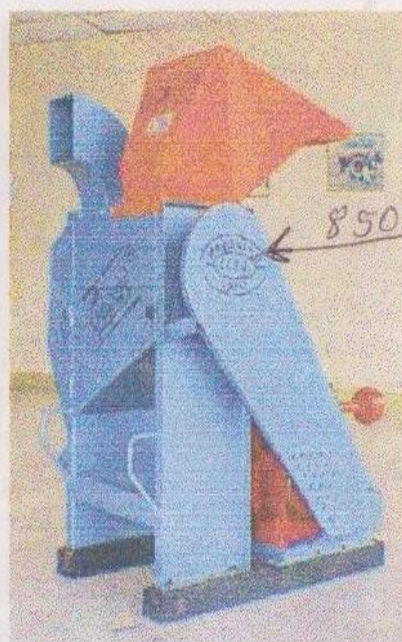


DESGRANADORA DE MAIZ

La desgranadora de maíz marca COPAI es ideal para desgranar cualquier tipo de maíz duro, sea húmedo o seco.

Tiene un alto rendimiento con más del 99%, no rompe el grano y la limpieza es excelente.

Esta desgranadora cumple con todas las exigencias en el desgrane del maíz, por su capacidad, resistencia y garantía.



CARACTERISTICAS*

MODELO:	DGM 50
CAPACIDAD:	25qq (húmedo). 50qq (seco) por hora.
MOTOR:	Briggs Stratton 16HP. (norteamericano).
COLOR:	Azul y amarillo (tolva).
PESO:	3 qq.
GARANTIA:	6 meses.

La máquina está montada en dos tableros de madera (moral).

Fuente: Induhorst (pág. 30).

Anexo 5 Diámetro mínimo recomendado para poleas.

POTENCIA DEL MOTOR HP	RPM DEL MOTOR					
	575	695	870	1160	1750	3450
.50	2.50	2.50	2.50	—	—	—
.75	3.00	2.50	2.50	2.50	—	—
1.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25	—
1.50	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25
2.00	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
3.00	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50
5.00	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50
7.50	4.25	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00
10.00	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75	3.00
15.00	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75
20.00	8.25	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50
25.00	9.00	8.25	6.75	6.00	4.50	4.50*
* 30.00	10.00	9.00	6.75	6.75	5.25	—
40.00	10.00	10.00	8.25	6.75	6.00	—
50.00	11.00	10.00	9.00	8.25	6.75	—
60.00	12.00	11.00	10.00	9.00	7.50	—
75.00	14.00	13.00	10.00	10.00	9.00	—
100.00	18.00	15.00	13.00	13.00	10.00	—
125.00	20.00	18.00	15.00	13.00	11.00	—
150.00	22.00	20.00	18.00	13.00	—	—
200.00	22.00	22.00	22.00	—	—	—
250.00	22.00	22.00	—	—	—	—
300.00	27.00	27.00	—	—	—	—

Fuente: Martin (Catálogo de transmisión por bandas, pág. 44)

Anexo 6 Tipo de banda.

SKF Wrapped Classical Belts						
13/A 17/B						
Section	Dimensions Pitch length	Inside length			Designation	
			w	h		
—	mm	in.	mm		—	
13/A	1 760	1 727	68,00	13	8	PHG A68
	1 790	1 753	69,00	13	8	PHG A69
	1 810	1 778	70,00	13	8	PHG A70
	1 840	1 803	71,00	13	8	PHG A71
	1 860	1 829	72,00	13	8	PHG A72
	1 890	1 854	73,00	13	8	PHG A73
	1 920	1 880	74,00	13	8	PHG A74
	1 940	1 905	75,00	13	8	PHG A75
	1 960	1 930	76,00	13	8	PHG A76
	1 990	1 956	77,00	13	8	PHG A77
	2 020	1 981	78,00	13	8	PHG A78
	2 050	2 007	79,00	13	8	PHG A79
	2 070	2 032	80,00	13	8	PHG A80
	2 090	2 057	81,00	13	8	PHG A81
	2 120	2 083	82,00	13	8	PHG A82
	2 140	2 108	83,00	13	8	PHG A83
	2 170	2 134	84,00	13	8	PHG A84
	2 200	2 159	85,00	13	8	PHG A85
	2 220	2 184	86,00	13	8	PHG A86
	2 240	2 210	87,00	13	8	PHG A87
	2 270	2 235	88,00	13	8	PHG A88
	2 300	2 261	89,00	13	8	PHG A89
	2 320	2 286	90,00	13	8	PHG A90
	2 350	2 311	91,00	13	8	PHG A91
	2 370	2 337	92,00	13	8	PHG A92
	2 400	2 362	93,00	13	8	PHG A93
	2 420	2 388	94,00	13	8	PHG A94
	2 450	2 413	95,00	13	8	PHG A95
	2 480	2 438	96,00	13	8	PHG A96
	2 500	2 464	97,00	13	8	PHG A97
	2 520	2 489	98,00	13	8	PHG A98
	2 550	2 515	99,00	13	8	PHG A99
	2 570	2 540	100,00	13	8	PHG A100
	2 630	2 591	102,00	13	8	PHG A102

Fuente: SKF (2014).

Anexo 7 Coeficientes de rozamiento de poleas.

MATERIALES EN CONTACTO	(Rozamiento en reposo)			(Rozamiento en movimiento)		
	En seco	Lubricado	Mojado con agua	En seco	Lubricado	Mojado con agua
Acero sobre acero	0,15	0,10	—	0,12	0,08	—
Acero sobre bronce	0,19	0,10	—	0,18	0,06	—
Acero sobre fundición gris	0,28	0,15	—	0,20	0,08	—
Acero sobre madera dura	0,56	0,10	—	0,50	0,09	0,24
Banda de acero sobre fundición	—	—	—	0,18	—	0,10
Bronce sobre bronce	—	—	—	0,20	—	0,15
Corcho sobre metal	0,60	0,25	0,62	0,25	0,12	0,25
Cuero sobre metal	—	—	—	0,35	0,30	—
Fundición gris sobre bronce	0,30	0,15	—	0,28	0,08	0,10
Fundición gris sobre fundición gris	0,28	0,10	—	0,20	0,08	0,15
Fundición gris sobre latón	0,28	—	—	0,20	0,08	—
Guarnición de freno sobre acero	—	—	—	0,45	—	—
Madera de álamo sobre acero	—	—	—	0,30	0,20	—
Madera de álamo sobre fundición	—	—	—	0,28	0,10	0,20
Poliamida 66 sobre acero	0,35	0,11	0,30	—	—	—
Poliamida 66 sobre poliamida 66	0,37	0,15	0,23	—	—	—
Tejido de algodón con resina artificial sobre acero o fundición	—	—	—	0,40	0,15	0,25
Tejido de amianto con resina artificial sobre acero o fundición	—	—	—	0,51	0,15	0,25

Fuente: Arroba & Loyola (2014, pág. 71).

Anexo 8 Dimensiones y pesos de tuberías de acero.

Diámetro nominal	Diámetro exterior		Espesor		Peso nominal por unidad de longitud, y extremo liso	
	pulgadas	mm	pulgadas	mm	lb/pie	kg/m
1/2	0.840	21.3	0.110	2.8	0.85	1.27
3/4	1.050	26.7	0.113	2.9	1.13	1.69
1	1.315	33.4	0.133	3.4	1.68	2.50
1 1/4	1.660	42.2	0.140	3.6	2.27	3.39
1 1/2	1.900	48.3	0.145	3.7	2.72	4.05
2	2.375	60.3	0.154	3.9	3.66	5.44
2 1/2	2.875	73.0	0.203	5.2	5.80	8.63
3	3.500	88.9	0.216	5.5	7.58	11.29
4	4.500	114.3	0.237	6.0	10.80	16.07
6	6.625	168.3	0.280	7.1	18.99	28.26

Fuente: Ternium (2012, pág. 4).

Anexo 9 Propiedades del acero AISI 4140.

1	2	3	4	5	6	7	8
AISI núm.	Tratamiento	Temperatura, °C (°F)	Resistencia a la tensión MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación, %	Reducción del área, %	Dureza Brinell
4130	TyR*	205 (400)	1 630 (236)	1 460 (212)	10	41	467
	TyR*	315 (600)	1 500 (217)	1 380 (200)	11	43	435
	TyR*	425 (800)	1 280 (186)	1 190 (173)	13	49	380
	TyR*	540 (1 000)	1 030 (150)	910 (132)	17	57	315
	TyR*	650 (1 200)	814 (118)	703 (102)	22	64	245
	Normalizado	870 (1 600)	670 (97)	436 (63)	25	59	197
	Recocido	865 (1 585)	560 (81)	361 (52)	28	56	156
4140	TyR	205 (400)	1 770 (257)	1 640 (238)	8	38	510
	TyR	315 (600)	1 550 (225)	1 430 (208)	9	43	445
	TyR	425 (800)	1 250 (181)	1 140 (165)	13	49	370
	TyR	540 (1 000)	951 (138)	834 (121)	18	58	285
	TyR	650 (1 200)	758 (110)	655 (95)	22	63	230
	Normalizado	870 (1 600)	1 020 (148)	655 (95)	18	47	302
	Recocido	815 (1 500)	655 (95)	417 (61)	26	57	197
4340	TyR	315 (600)	1 720 (250)	1 590 (230)	10	40	486
	TyR	425 (800)	1 470 (213)	1 360 (198)	10	44	430
	TyR	540 (1 000)	1 170 (170)	1 080 (156)	13	51	360
	TyR	650 (1 200)	965 (140)	855 (124)	19	60	280

Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 1022).

Anexo 10 Resistencia a la tensión del acero AISI 4140.

Grado a)	Orientación e)	Descripción f)	Dureza HB	Resistencia a la tensión S_{ut}		Reducción en área %
				MPa	ksi	
1144	L	DAT	305	1 035	150	25
1541F	L	Forjado TyR	290	950	138	49
1541F	L	Forjado TyR	260	890	129	60
4130	L	TyR	258	895	130	67
4130	L	TyR	365	1 425	207	55
4140	L	TyR, DAT	310	1 075	156	60
4142	L	DAT	310	1 060	154	29
4142	L	DAT	335	1 250	181	28
4142	L	TyR	380	1 415	205	48
4142	L	TyR y deformado	400	1 550	225	47
4142	L	TyR	450	1 760	255	42
4142	L	TyR y deformado	475	2 035	295	20
4142	L	TyR y deformado	450	1 930	280	37
4142	L	TyR	475	1 930	280	35
4142	L	TyR	560	2 240	325	27
4340	L	HR, A	243	825	120	43
4340	L	TyR	409	1 470	213	38
4340	L	TyR	350	1 240	180	57
5160	L	TyR	430	1 670	242	42
52100	L	SH, TyR	518	2 015	292	11
9262	L	A	260	925	134	14
9262	L	TyR	280	1 000	145	33
9262	L	TyR	410	565	227	32
950C d)	LT	Placa HR	159	565	82	64
950C d)	L	Barra HR	150	565	82	69
950X d)	L	Canal placa	150	440	64	65
950X d)	L	Placa HR	156	530	77	72
950X d)	L	Canal placa	225	695	101	68

Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 1025).

Anexo 11 Dimensiones de chaveteros y chavetas.

Ø eje d mm desde-hasta	Medidas chaveta b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo				Medidas del chavetero en el eje para chavetas paralelas y de cuña		Medidas de los ejes en el cubo de la rueda			
		Chaveta paralela S/DIN 6885/1		Chaveta de cuña S/DIN 6886 y 6887							
		d + l ₂ mm	Tol. admisible (en altura)mm	d + l ₂ mm	Tol. admisible (en altura)mm	l ₁ mm	Tol. admisible (en altura)mm	Ø mm desde-hasta	Tol. H-7 mm		
17-22	6x6	d+2,6	+0,1	d+2,1	+0,1	3,5	+0,2	10-18	+0,018 0		
22-30	8x7	d+3,0		d+2,4		4,1					
30-38	10x8	d+3,4	+0,2	d+2,8	+0,2	4,7		30-50	+0,025 0		
38-44	12x8	d+3,2		d+2,6		4,9					
44-50	14x9	d+3,6		d+2,9		5,5		50-80	+0,030 0		
50-58	16x10	d+3,9		d+3,2		6,2					
58-65	18x11	d+4,3		d+3,5		6,8		80-120	+0,035 0		
65-75	20x12	d+4,7		d+3,9		7,4					
75-85	22x14	d+5,6		d+4,8		8,5		120-180	+0,040 0		
85-95	25x14	d+5,4		d+4,6		8,7					
95-110	28x16	d+6,2		d+5,4		9,9		+0,3	180-250	+0,046 0	
110-130	32x18	d+7,1		d+6,1		11,1					
130-150	36x20	d+7,9		d+6,9		12,3	250-315				+0,052 0
150-170	40x22	d+8,7		d+7,7		13,5					
170-200	45x25	d+9,9		d+8,9		15,3					
200-230	51x28	d+11,2		d+10,1		17					
230-260	58x32	d+12,9		d+11,8		19,3	400-500	+0,063 0			
260-290	63x32	d+12,6	+0,3	d+11,5	+0,3	19,6					

Fuente:Cadersa (s.f.).

Anexo 12 Factores de aplicación de carga.

Tipo de aplicación	Factor de carga
Engranajes de precisión	1.0-1.1
Engranajes comerciales	1.1-1.3
Aplicaciones con sellos deficientes en los cojinetes	1.2
Maquinaria sin impactos	1.0-1.2
Maquinaria con impactos ligeros	1.2-1.5
Maquinaria con impactos moderados	1.5-3.0

Fuente: Budynas & Nisbett (2008, pág. 563)

Anexo 13 La vida individual de un rodamiento.

<i>tablas 1 - Valores orientativos de la vida especificada para los diferentes tipos de máquinas</i>	
<i>Machine type</i>	<i>Specification life</i>
	<i>Horas de funcionamiento</i>
<i>Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico</i>	<i>300 ... 3 000</i>
<i>Máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves períodos de tiempo: herramientas eléctricas portátiles, aparatos elevadores en talleres, máquinas y equipos para la construcción</i>	<i>3 000 ... 8 000</i>
<i>Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento durante breves períodos de tiempo o intermitentemente: ascensores (elevadores), grúas para mercancías embaladas o eslingas de tambores, etc.</i>	<i>8 000 ... 12 000</i>
<i>Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre utilizadas a su capacidad máxima: transmisiones por engranajes de uso general, motores eléctricos para uso industrial, trituradoras giratorias</i>	<i>10 000 ... 25 000</i>
<i>Máquinas para 8 horas de trabajo diario utilizando plenamente sus capacidades: máquinas herramienta, máquinas para trabajar la madera, máquinas para</i>	

Fuente:SKF (s.f.).

Anexo 14 Densidad del aire ambiente para varias alturas.

Altitud (metros)	Valores de la densidad del aire ambiente		
	Mínimo (kg/m³)	Promedio (kg/m³)	Máximo (kg/m³)
0	1,1405	1,2254	1,3167
305	1,1101	1,1886	1,2735
610	1,0812	1,1533	1,2302
914	1,0524	1,1197	1,2222
1000	1,0444	1,1101	1,1902
1219	1,0252	1,0861	1,1501
1524	0,9996	1,0556	1,1133
1829	0,9739	1,0236	1,0764
2000	0,9595	1,0076	1,0572
2134	0,9483	0,9931	1,0412
2438	0,9243	0,9643	1,0060
2743	0,8986	0,9355	0,9723
3000	0,8794	0,9115	0,9467
3048	0,8762	0,9082	0,9419

Fuente: CIRSOC (2005).

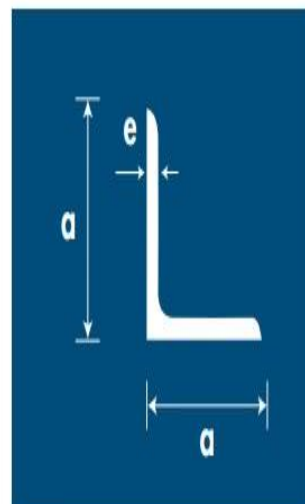
Anexo 15 Características técnicas de ventiladores centrífugos.

Modelo	Velocidad RPM	Potencia W	Tensión Volts	Intensidad A	Caudal a descarga libre m ³ /hr / CFM	Presión sonora dB(A)*	Peso aprox. Kg
BS-500	1450	80	120	0.31	480 / 282	64	3
BS-700	1400	155	120	0.52	675 / 397	66	4
BS-1000	1350	220	120	0.82	961 / 565	68	7

Fuente: Soler y Palau (2011, pág. 71).

Anexo 16 Dimensiones de perfiles angulares.

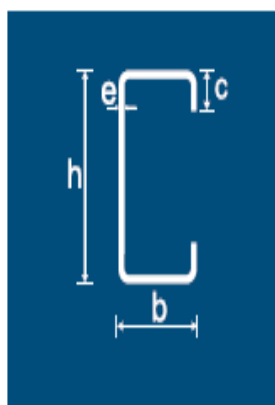
Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	a	e	kg/m	kg/6m	cm ²
	mm	mm			
AL 20 X 2	20	2	0.60	3,58	0.76
AL 20 X 3	20	3	0.87	5,23	1.11
AL 25 X 2	25	2	0.75	4,52	0.96
AL 25 X 3	25	3	1.11	6,64	1.41
AL 25 X 4	25	4	1.45	8,67	1.84
AL 30 X 3	30	3	1.34	8.05	1.71
AL 30 X 4	30	4	1.76	10.55	2.24
AL 40 X 3	40	3	1.81	10.88	2.31
AL 40 X 4	40	4	2.39	14.32	3.04
AL 40 X 6	40	6	3.49	20.91	4.44
AL 50 X 3	50	3	2.29	13.71	2,91
AL 50 X 4	50	4	3.02	18.09	3.84
AL 50 X 6	50	6	4.43	26.56	5.64
AL 65 X 6	65	6	5.84	35.04	7.44
AL 75 X 6	75	6	6.78	40.69	8.61
AL 75 X 8	75	8	8.92	53.50	11.36
AL 100 X 6	100	6	9.14	54.82	11.64
AL 100 X 8	100	8	12.06	72.34	15.36
AL 100 X 10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100 X 12	100	12	17.71	106.25	22.56



Fuente: Novacero (2015, pág. 31).

Anexo 17 Dimensiones de perfiles tipo correa.

Denominación	Dimensiones				Peso		Área
	h	b	c	e			
	mm	mm	mm	mm	kg/m	kg/6m	cm ²
CG	60	30	10	1.50	1.49	8.96	1.82
CG	60	30	10	1.80	1.79	10.74	2.26
CG	60	30	10	2.00	1.92	11.94	2.44
CG	80	40	15	1.50	2.09	12.56	2.52
CG	80	40	15	1.80	2.50	15.01	3.16
CG	80	40	15	2.00	2.78	16.66	3.54
CG	80	40	15	3.00	4.01	24.06	5.11
CG	100	50	15	1.80	2.97	17.80	3.88
CG	100	50	15	2.00	3.41	20.43	4.34
CG	100	50	15	3.00	4.95	29.71	6.31
CG	125	50	15	2.00	3.80	22.80	4.84
CG	125	50	15	3.00	5.54	33.24	7.06
CG	150	50	15	2.00	4.19	25.14	5.34
CG	150	50	15	3.00	6.13	36.78	7.81
CG	200	50	15	2.00	4.98	29.85	6.34
CG	200	50	15	3.00	7.31	43.84	9.31



Fuente: Novacero (2015, pág. 37).

Anexo 18 Pruebas de humedad de varios tipos de maíces.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS
SUELOS

Informe No: 15-09-22-A-1
Fecha: 2015-10-01

Referencia: OT-15-09-22-A
Empresa: PARTICULAR
Atención: Sr. Christian Cholca y Andrés Mantilla
Dirección: Calderon
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos
Tipo de muestra: SÓLIDO
Identificación de la muestra: MUESTRA 1
Descripción de la Muestra: Sin descripción específica
Muestra tomada por: El cliente
Fecha de ingreso de muestra: 2015-09-28
Código de la muestra: OE-15-09-22-A-1
Fecha de realización de ensayos: 2015-09-30

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre $U=\pm (K=2)$
HUMEDAD*	%P	Infrarrojo	11,98	-

Condiciones Ambientales: Humedad: 37%; Temperatura: 21,2°C

Realizado Por: VRT

Revisado Por:


Ing. Carlos Navarrete T.
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:


Ing. Ghem Carvajal C.
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676
QUITO - ECUADOR

E-mail: fig.secretari.dpec@uce.edu.ec

MC2201-A01-7

Hoja 1 de 4



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS
SUELOS

Informe No: 15-09-22-A-2
Fecha: 2015-10-01

Referencia: OT-15-09-22-A
Empresa: PARTICULAR
Atención: Sr. Christian Cholca y Andrés Mantilla
Dirección: Calderon
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos
Tipo de muestra: SÓLIDO
Identificación de la muestra: MUESTRA 2
Descripción de la Muestra: Sin descripción específica
Muestra tomada por: El cliente
Fecha de ingreso de muestra: 2015-09-28
Código de la muestra: OE-15-09-22-A-2
Fecha de realización de ensayos: 2015-09-30

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre $U = \pm (K=2)$
HUMEDAD*	%P	Infrarrojo	34,05	-

Condiciones Ambientales: Humedad: 37%; Temperatura: 21,2°C

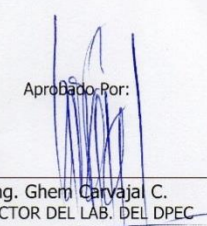
Realizado Por: VRT

Revisado Por:


Ing. Carlos Navarrete T.
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:


Ing. Ghem Carvajal C.
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676
QUITO - ECUADOR

E-mail: fiq.secretari.dpec@uce.edu.ec

MC2201-A01-7

Hoja 2 de 4



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS
SUELOS

Informe No: 15-09-22-A-3
Fecha: 2015-10-01


Referencia: OT-15-09-22-A
Empresa: PARTICULAR
Atención: Sr. Christian Cholca y Andrés Mantilla
Dirección: Calderon
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos
Tipo de muestra: SÓLIDO
Identificación de la muestra: MUESTRA 3
Descripción de la muestra: Sin descripción específica
Muestra tomada por: El cliente
Fecha de ingreso de muestra: 2015-09-28
Código de la muestra: OE-15-09-22-A-3
Fecha de realización de ensayos: 2015-09-30

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre $U=\pm (K=2)$
HUMEDAD*	%P	Infrarrojo	10,18	-

Condiciones Ambientales: Humedad: 37%; Temperatura: 21,2°C


Realizado Por: VRT

Revisado Por:


Ing. Carlos Navarrete T.
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:


Ing. Ghem Carvajal C.
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676
QUITO - ECUADOR

E-mail: fiq.secretari.dpec@uce.edu.ec

MC2201-A01-7

Hoja 3 de 4



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS
SUELOS

Informe No: 15-09-22-A-4
Fecha: 2015-10-01

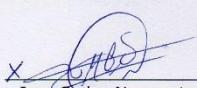
Referencia: OT-15-09-22-A
Empresa: PARTICULAR
Atención: Sr. Christian Cholca y Andrés Mantilla
Dirección: Calderon
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos
Tipo de muestra: SÓLIDO
Identificación de la muestra: MUESTRA 4
Descripción de la Muestra: Sin descripción específica
Muestra tomada por: El cliente
Fecha de ingreso de muestra: 2015-09-28
Código de la muestra: OE-15-09-22-A-4
Fecha de realización de ensayos: 2015-09-30

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre $U=\pm (K=2)$
HUMEDAD*	%P	Infrarrojo	14,32	-

Condiciones Ambientales: Humedad: 37%; Temperatura: 21,2°C

Realizado Por: VRT

Revisado Por:

X 
Ing. Carlos Navarrete T.
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:


Ing. Ghem Canvajal C.
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676
QUITO - ECUADOR

E-mail: fig.secretari.dpec@uce.edu.ec

MC2201-A01-7

Hoja 4 de 4

Anexo d

Protocolo de pruebas

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA DESGRANADORA DE MAIZ CON CAPACIDAD DE 15QQ/HORA

Fabricantes:	Christian Cholca - Andrés Mantilla
Fecha:	12 Diciembre 2015

Para determinar si la máquina funciona correctamente se procede a través de una serie de pruebas propuestas y analizadas, se evalúa su funcionamiento bajo algunos parámetros a considerar:

- Verificación dimensionales
- Verificación visual
- Pruebas de funcionamiento

Verificación dimensional.

La verificación se realizan cuando la maquina está construida en su totalidad, para lo cual las mediciones a realizarse son:

ITEM	MEDICION	INSTRUMENTO DE MEDICION	VALOR DE DISEÑO(mm)	TOLERANCIA (mm)	APROBADO	
					SI	NO
1	Largo	Flexómetro	1590	+/-5		
2	Ancho	Flexómetro	800	+/-5		
3	Altura	Flexómetro	1600	+/-5		

Verificación visual.

La verificación se realiza visualmente alrededor de la máquina.

ITEM	ESPECIFICACIONES	VERIFICACION	APROBADO	
			SI	NO
1	Soldadura sin porosidades ni aristas vivas.	Visual		
2	Tuercas, pernos y tornillos apretados	Tacto		
3	Color verde sistema de desgranado; color anaranjado tolva – tapa protectora de poleas	Visual		

Pruebas de funcionamiento:

Las pruebas de funcionamiento se lo realizan con la finalidad de verificar la calidad el producto terminado.

Para la realización de la prueba se empleará 2 quintales de maíz.

ITEM	ESPECIFICACIONES	INSTRUMENTO DE MEDICION	APROBADO	
			SI	NO
1	Expulsión de las tuzas	Visual		
2	Limpieza y caída de pluma de maíz.	Visual		
3	Desgranado de maíz entero	Visual		
4	Desgranado de maíz de 1,5minutos.	Cronómetro Tolerancia +/-0,5minuto		

Anexo e

Fotografías de respaldo

Construcción de la máquina.

Ventilador.



Voluta.



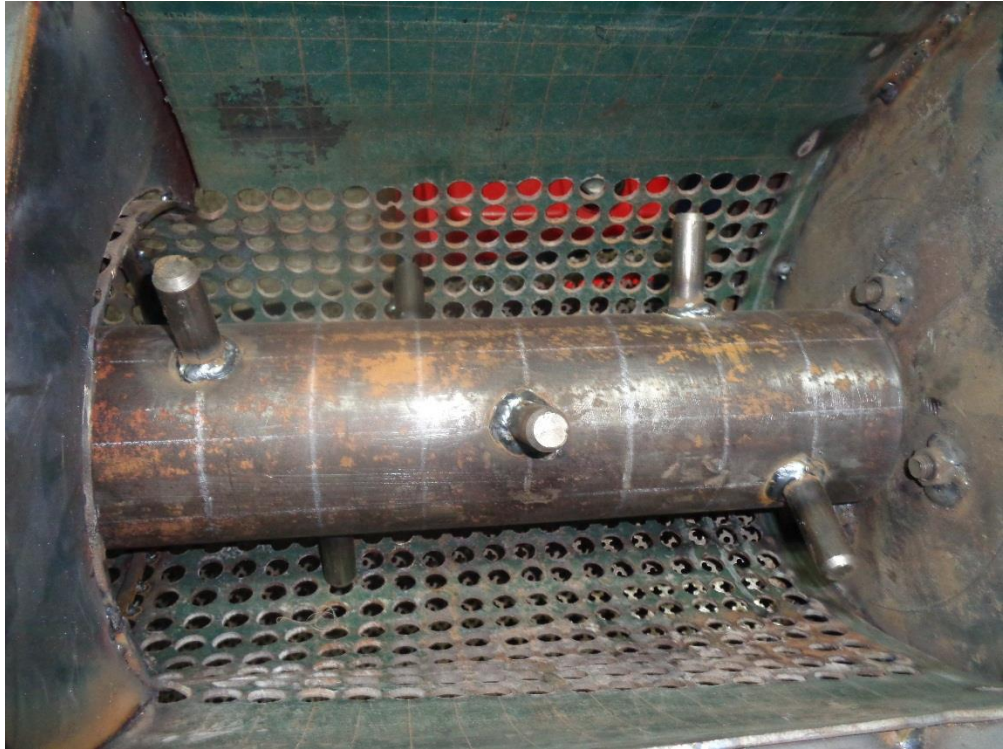
Motor empleado.



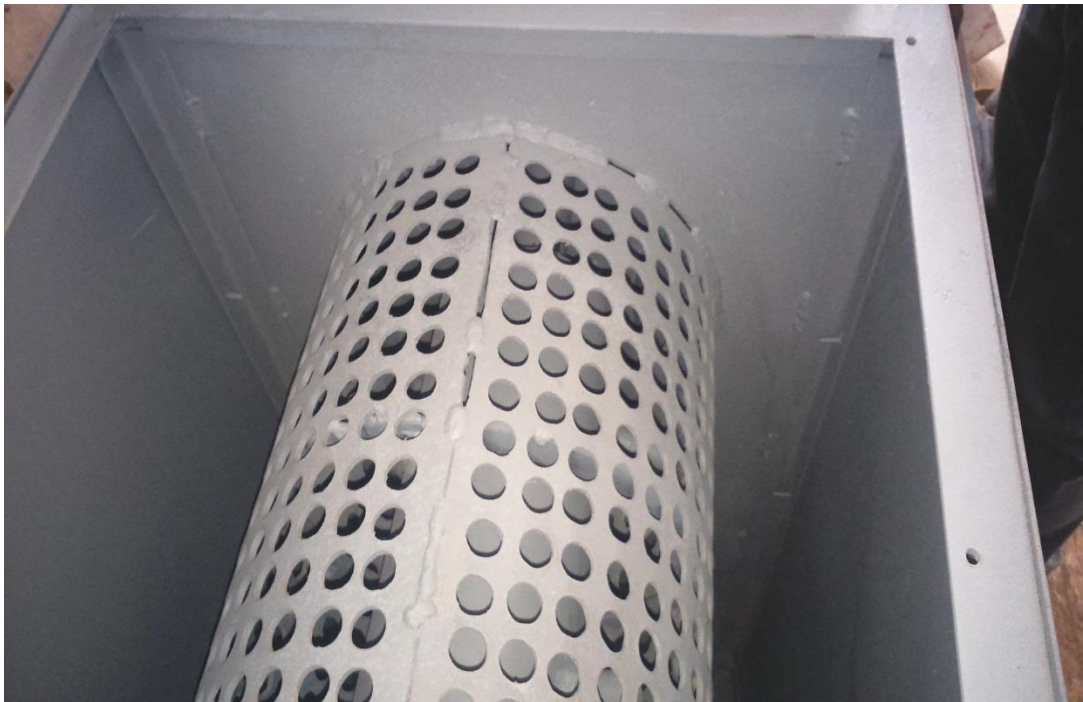
Estructura.



Cilindro y dados desgranadores.



Criba.



Bancada.



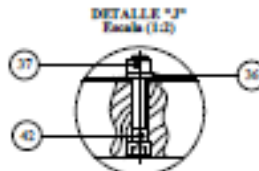
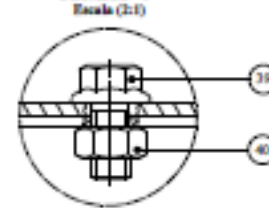
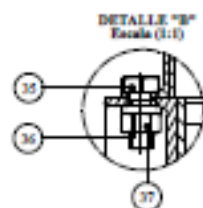
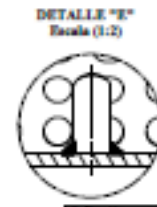
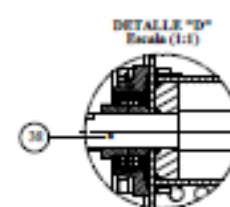
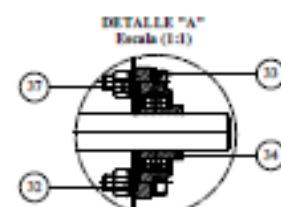
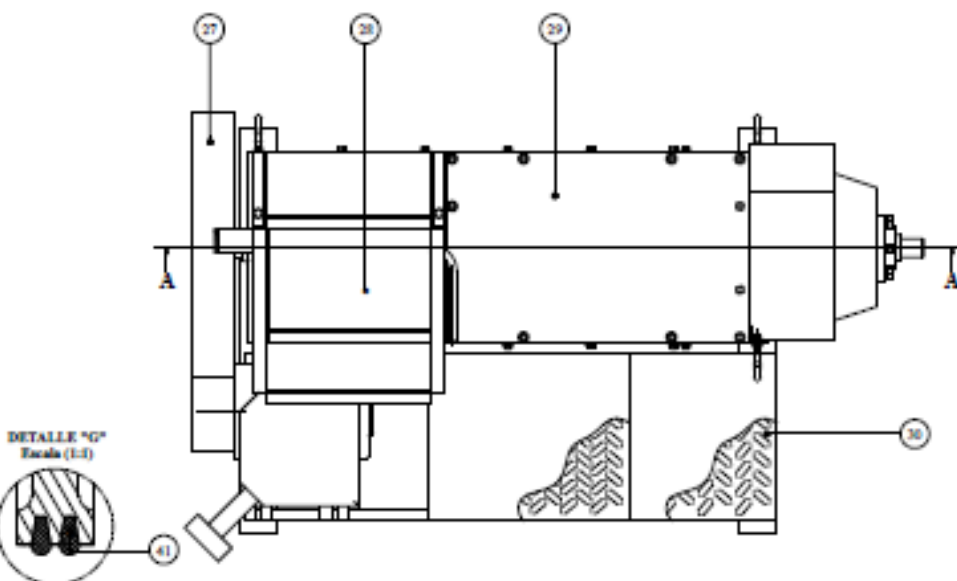
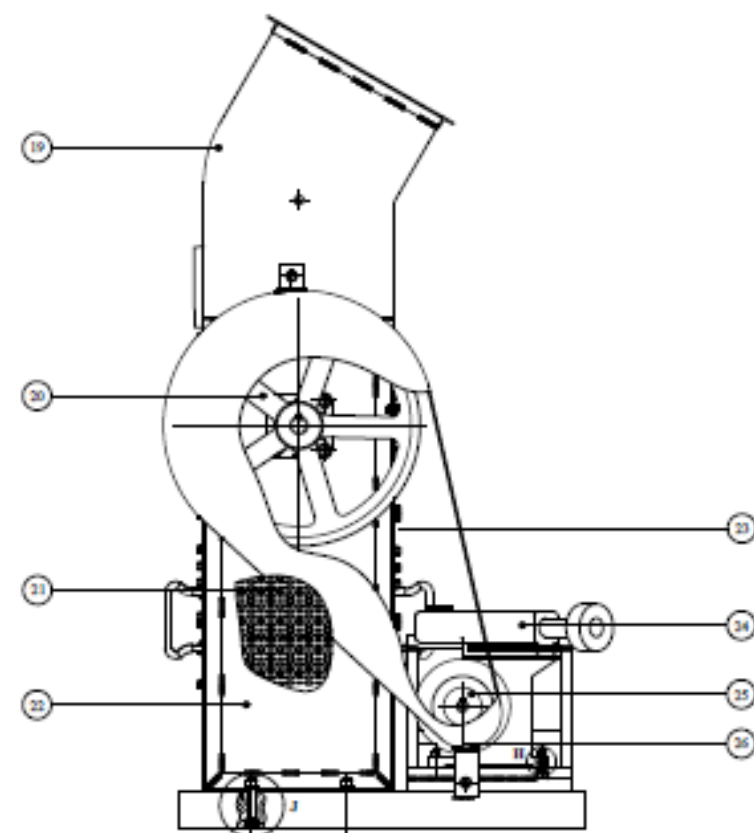
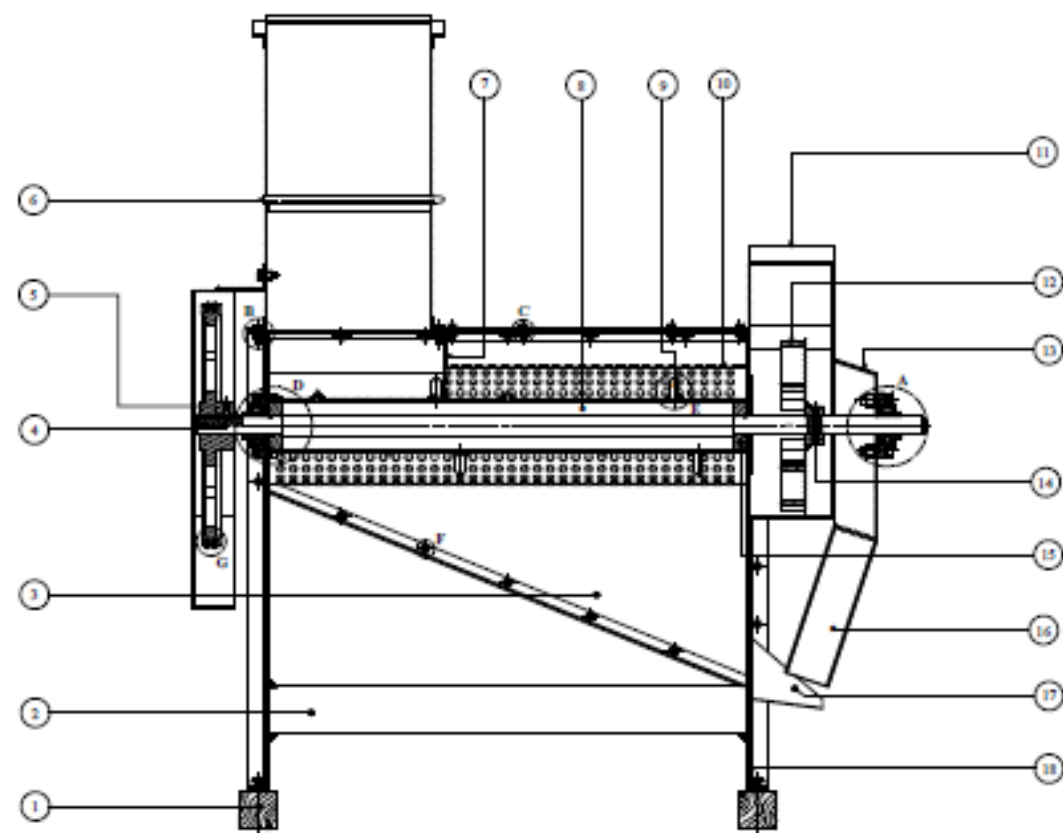
Máquina terminada.



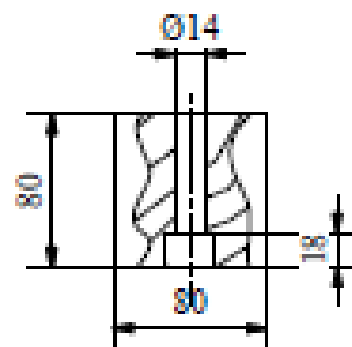
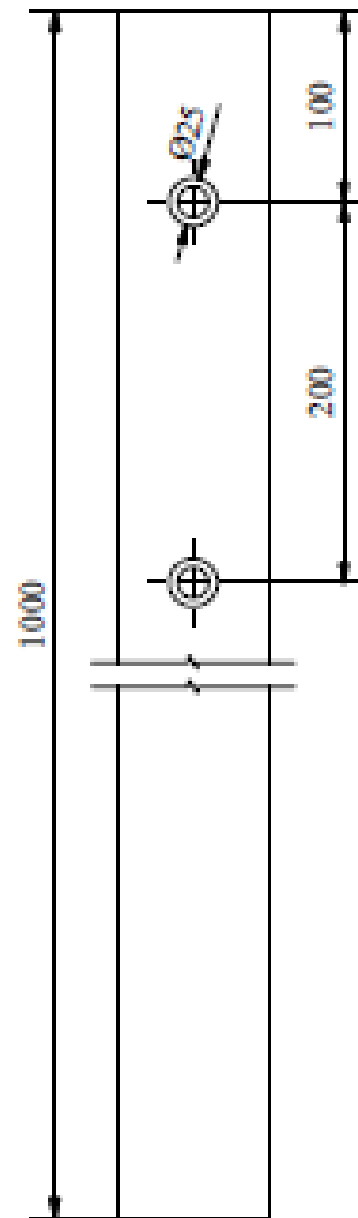
Anexo f

Planos

CORTE A-A



ITEM	DESCRIPTION	QTY	UNIT	REMARKS
1	BASE PLATE	1	PC	
2	BASE PLATE	1	PC	
3	BASE PLATE	1	PC	
4	BASE PLATE	1	PC	
5	BASE PLATE	1	PC	
6	BASE PLATE	1	PC	
7	BASE PLATE	1	PC	
8	BASE PLATE	1	PC	
9	BASE PLATE	1	PC	
10	BASE PLATE	1	PC	
11	BASE PLATE	1	PC	
12	BASE PLATE	1	PC	
13	BASE PLATE	1	PC	
14	BASE PLATE	1	PC	
15	BASE PLATE	1	PC	
16	BASE PLATE	1	PC	
17	BASE PLATE	1	PC	
18	BASE PLATE	1	PC	
19	BASE PLATE	1	PC	
20	BASE PLATE	1	PC	
21	BASE PLATE	1	PC	
22	BASE PLATE	1	PC	
23	BASE PLATE	1	PC	
24	BASE PLATE	1	PC	
25	BASE PLATE	1	PC	
26	BASE PLATE	1	PC	
27	BASE PLATE	1	PC	
28	BASE PLATE	1	PC	
29	BASE PLATE	1	PC	
30	BASE PLATE	1	PC	
31	BASE PLATE	1	PC	
32	BASE PLATE	1	PC	
33	BASE PLATE	1	PC	
34	BASE PLATE	1	PC	
35	BASE PLATE	1	PC	
36	BASE PLATE	1	PC	
37	BASE PLATE	1	PC	
38	BASE PLATE	1	PC	
39	BASE PLATE	1	PC	
40	BASE PLATE	1	PC	
41	BASE PLATE	1	PC	



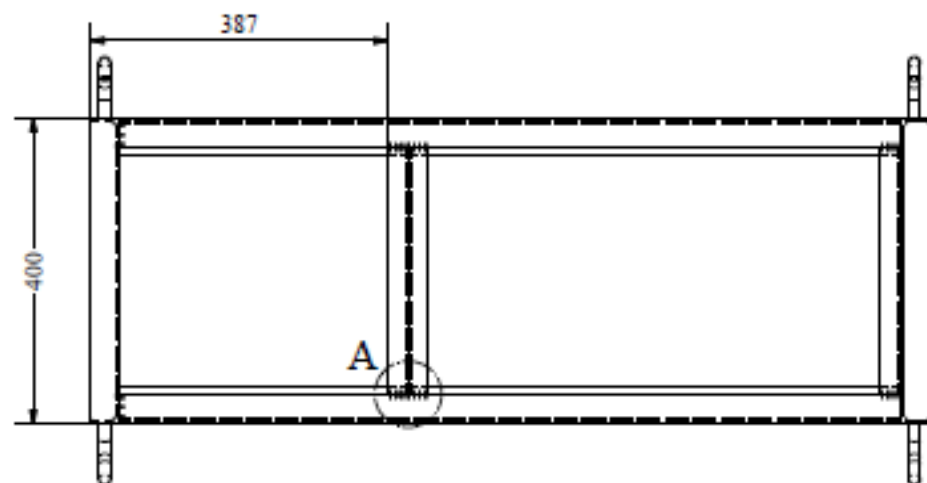
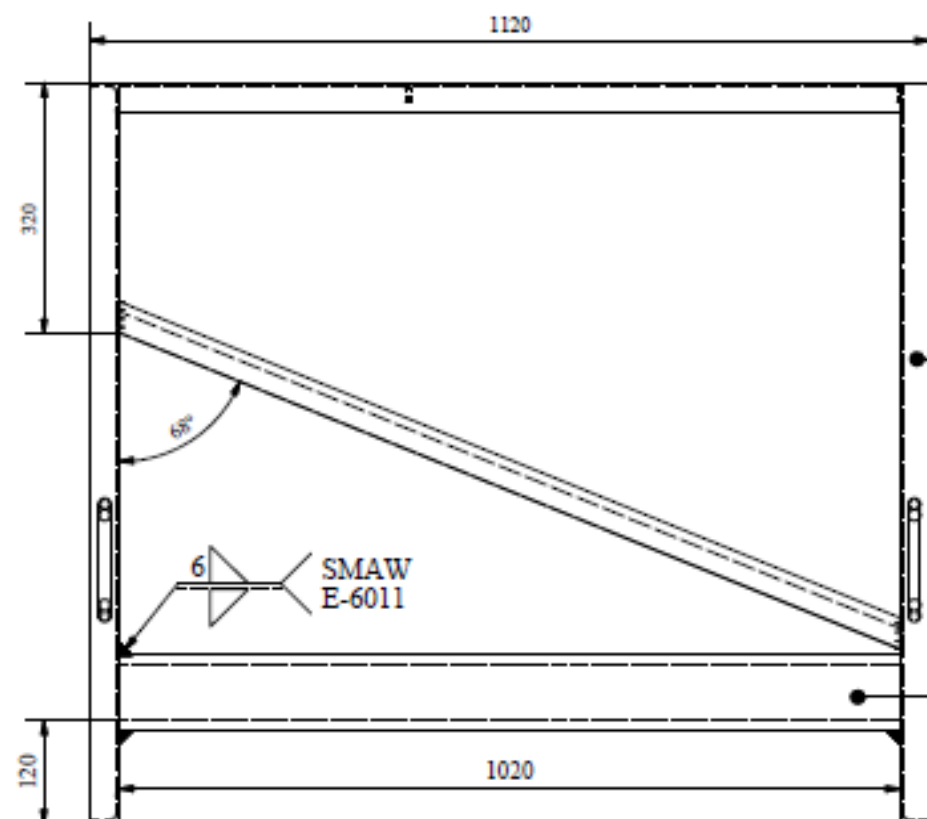
Tratamiento Térmico	N/A	Material: Madera	Dimensiones Brutas: 1000x80x80	
Recubrimiento	N/A			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Revisó	Ing. Ólger Pérez	15/10/2015
TABLONES	ESCALA: 1:5	Código:	10.7275/6801.00.01	Tol. Gral: ±1.0

A

B

C

D

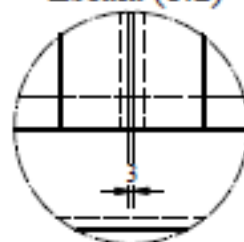


3

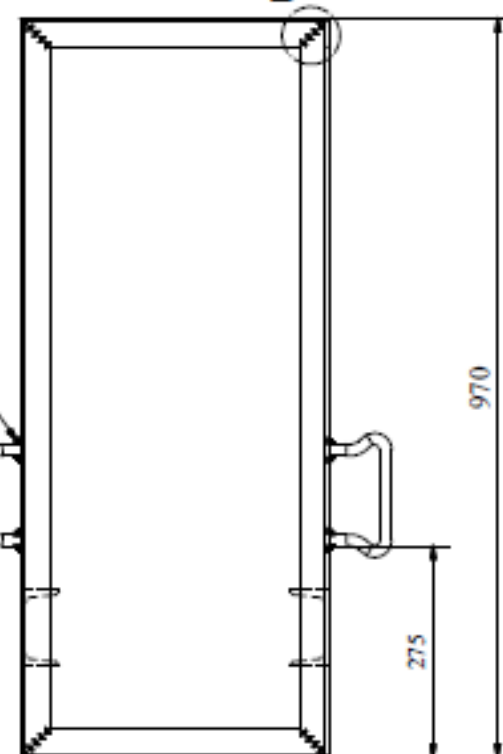
SMAW
E-6011

2

1

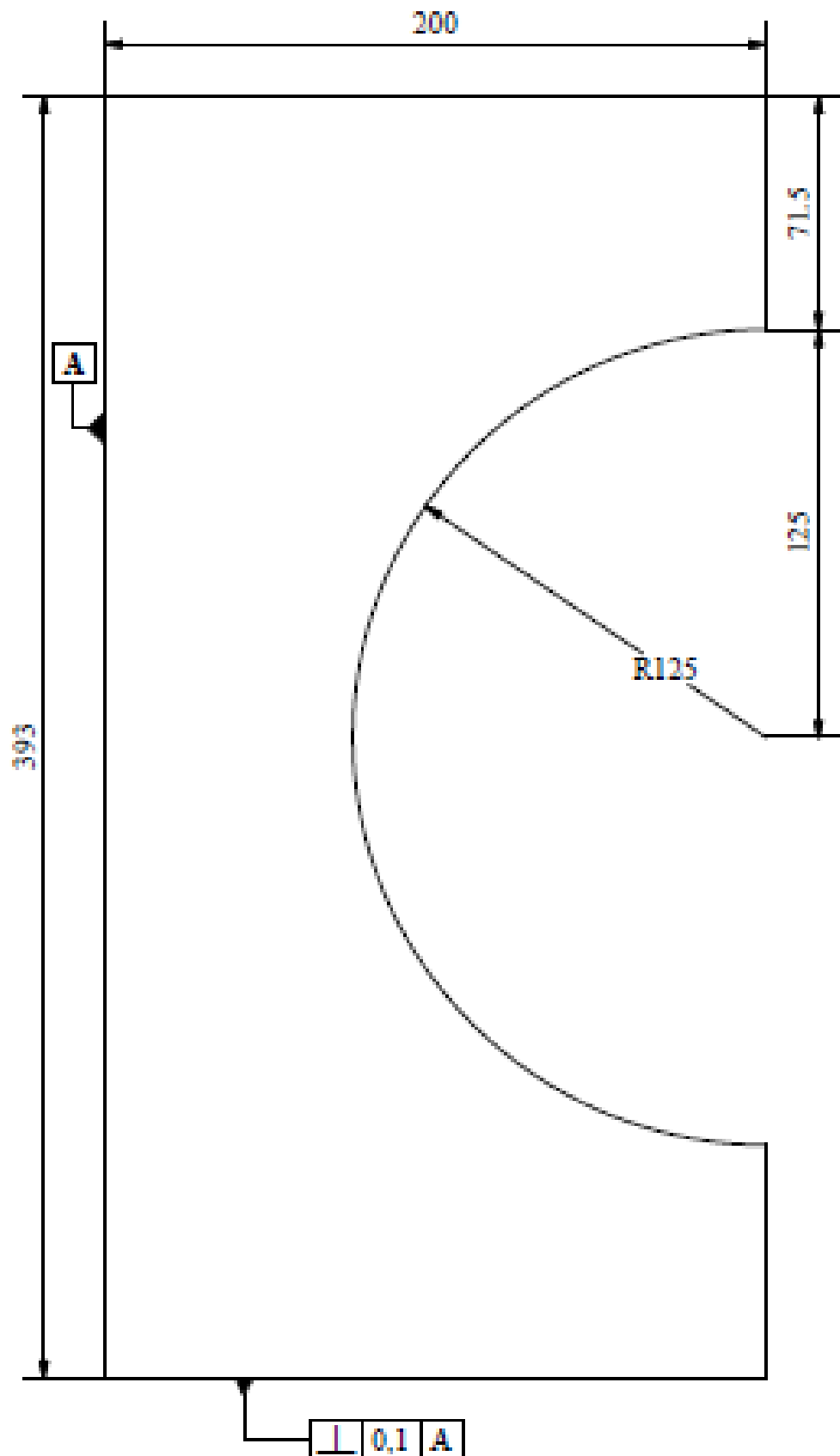
Detalle "A"
Escala (1:2)

B

Detalle "B"
Escala (1:2)SMAW
E-6011

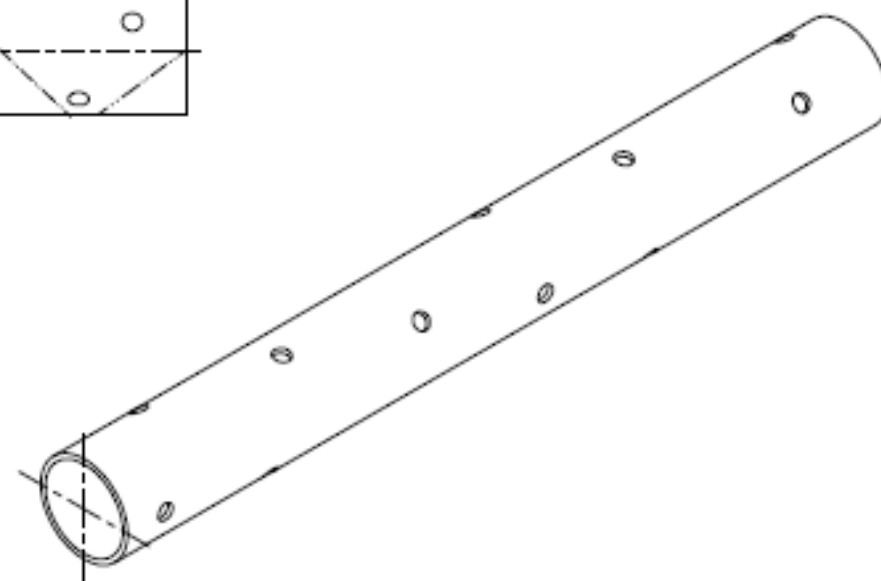
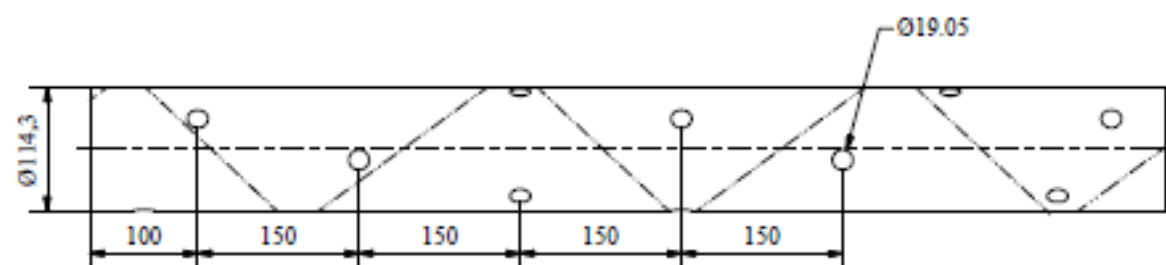
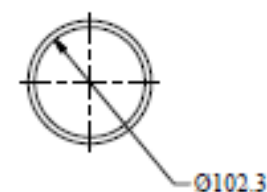
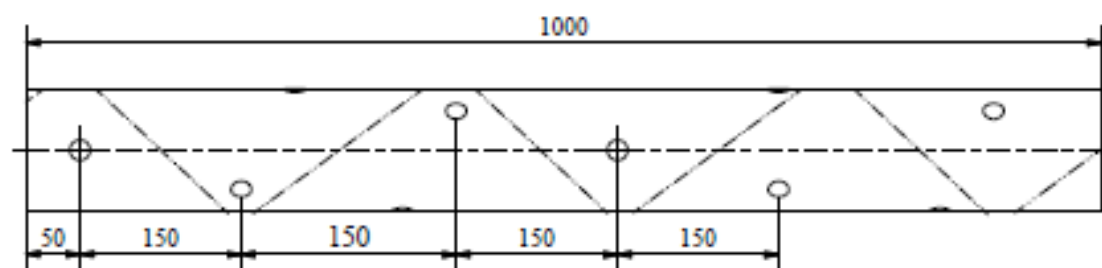
Nota: Soldar toda las juntas con E-6011, pulir las aristas vivas

3	Angulo Estructural	1	10.7275/6801.00.02.03	3B	ASTM A36	25x25x5	-----
2	Haladera	4	10.7275/6801.00.02.02	1B	ASTM A36	Ø12x80	-----
1	Viga G	1	10.7275/6801.00.02.01	3C	ASTM A36	100x10	-----
Ref.	Denominación	Cant.	Norma	Local.	Material	Dim. Brutas	Observaciones
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015	
				Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015	
				Reviso	Ing. Olger Pérez	15/10/2015	
ESTRUCTURA			ESCALA: 1:10	Código: 10.7275/6801.00.02	Tol. Gral: ±1.0		



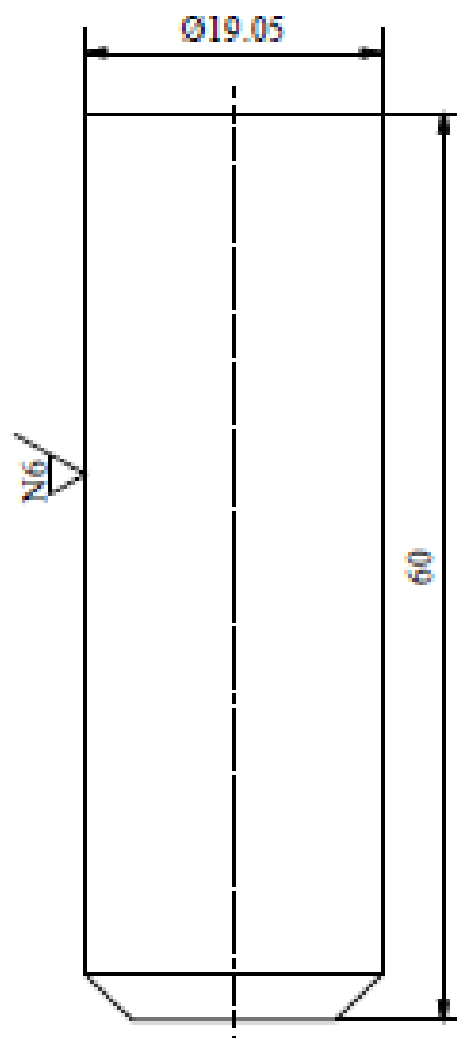
Nota: Espesor 2mm.

Tratamiento Térmico	N/A	Material: ASTM A36	Dimensiones Brutas: 400x210x2	
Recubrimiento	N/A			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Revisó	Ing. Olger Pérez	15/10/2015
DIVISOR DE CÁMARAS	ESCALA: 1:2	Codigo: 10.7275/6801.00.07		Tol. Gral: ±0.1



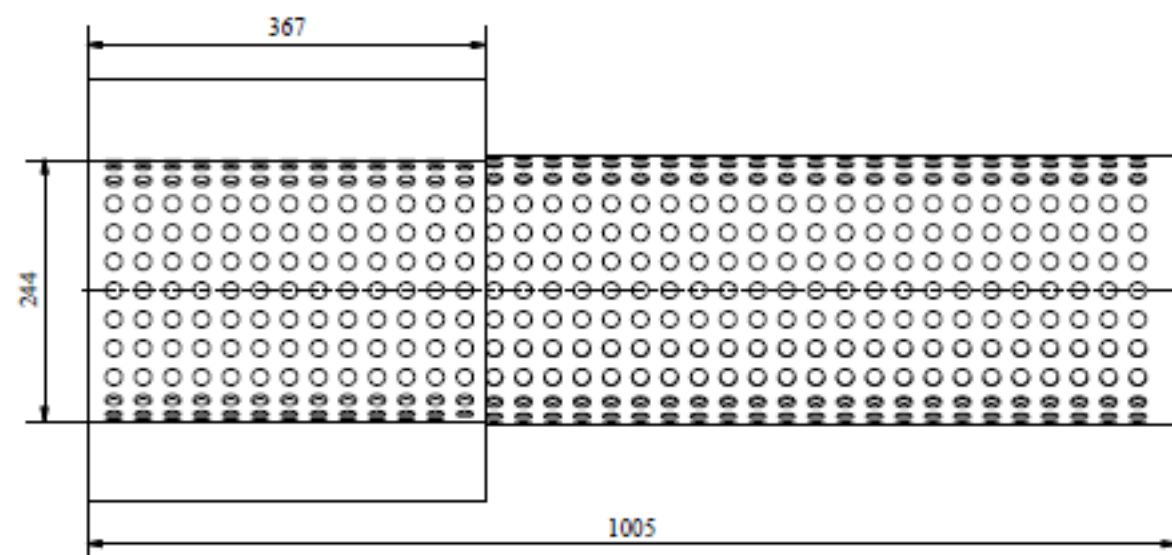
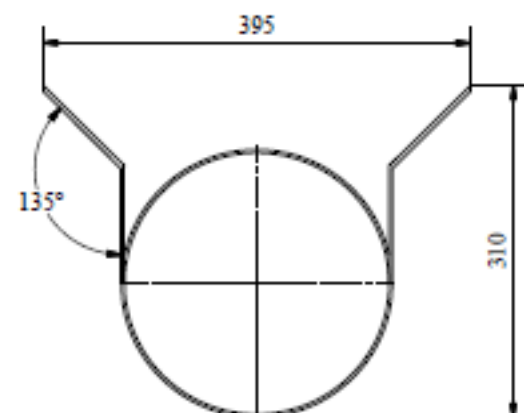
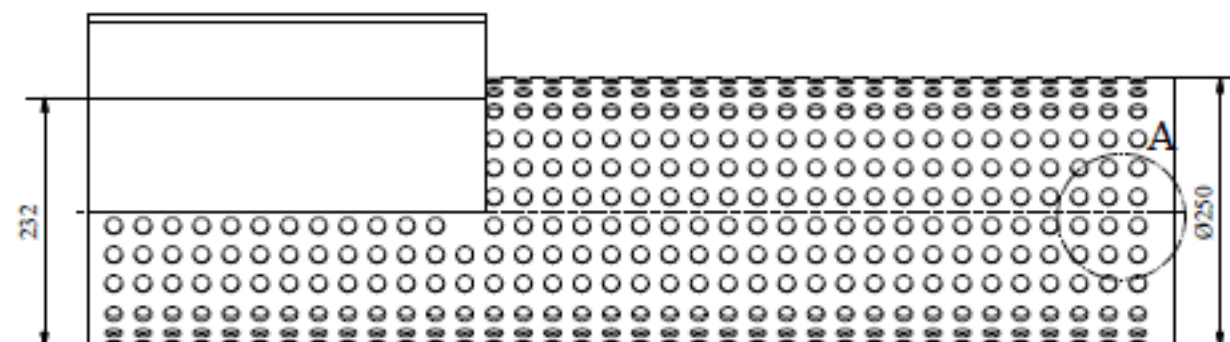
Nota: Los agujeros tiene 3 filas de recorrido en espiral

Tratamiento Térmico	N/A	Material:	ASTM A53	Dimensiones Brutas:
Recubrimiento	N/A			Ø4" x 1000
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Revisó	Ing. Olger Pérez	15/10/2015
CILINDRO DESGRANADOR		ESCALA:	Código:	Tol. Gral:
		1:5	10.7275/6801.00.08	±0.1

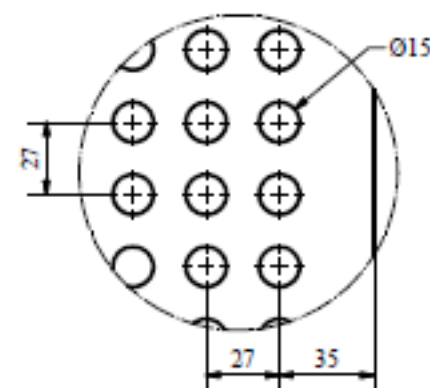


Nota: Chafilán 3x45°

Tratamiento Térmico	N/A	Material: AISI 1018	Dimensiones Brutas: Ø3/4"x 65	
Recubrimiento	N/A			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Revisó	Ing. Olger Pérez	15/10/2015
DADO	ESCALA: 2:1	Código:	10.7275/6801.00.09	Tol. Graf: ±0.1

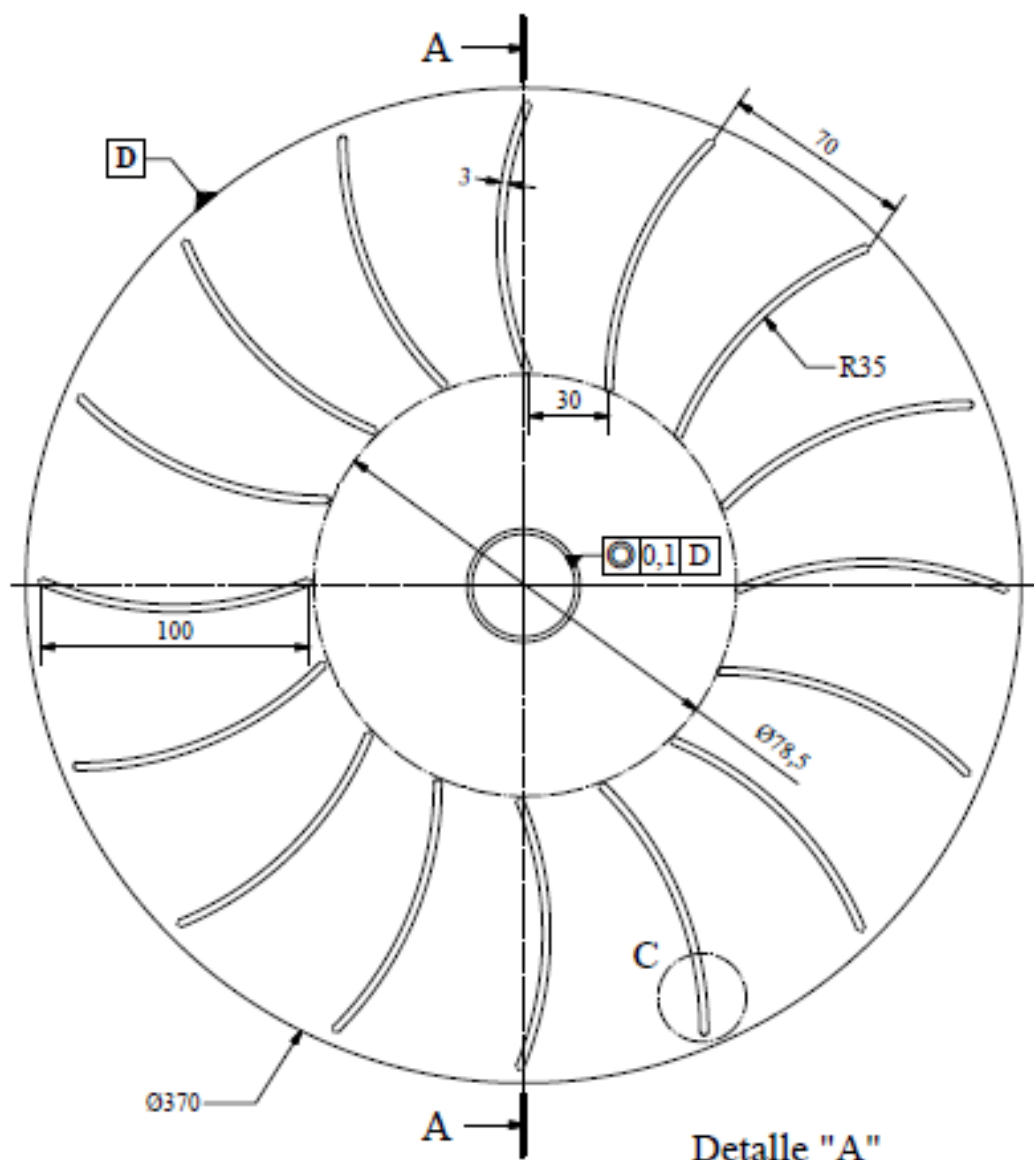


Detalle "A"
Escala (1:2)



Nota: Espesor 5mm.

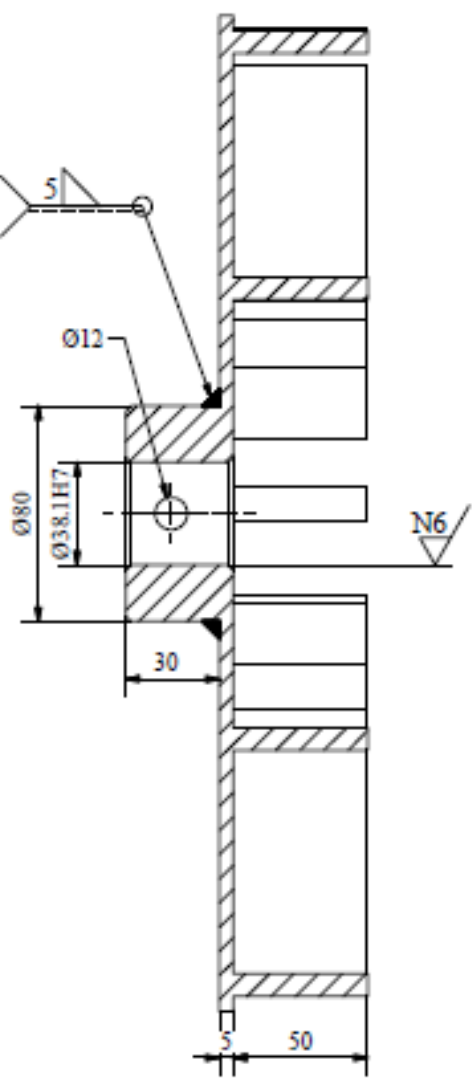
Tratamiento Térmico	N/A	Material:	ASTM A36	Dimensiones Brutas:	250x1010x5
Recubrimiento	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		UPS		Diseño	Cholca C; Mantilla A
				Dibujo	Cholca C; Mantilla A
				Revisó	Ing. Olger Pérez
CRIBA		ESCALA:	1:5	Código:	10.7275/6801.00.10
					Tol. Gral: ±0.1



CORTE A-A

N8 (N6)

SMAW
E-6011



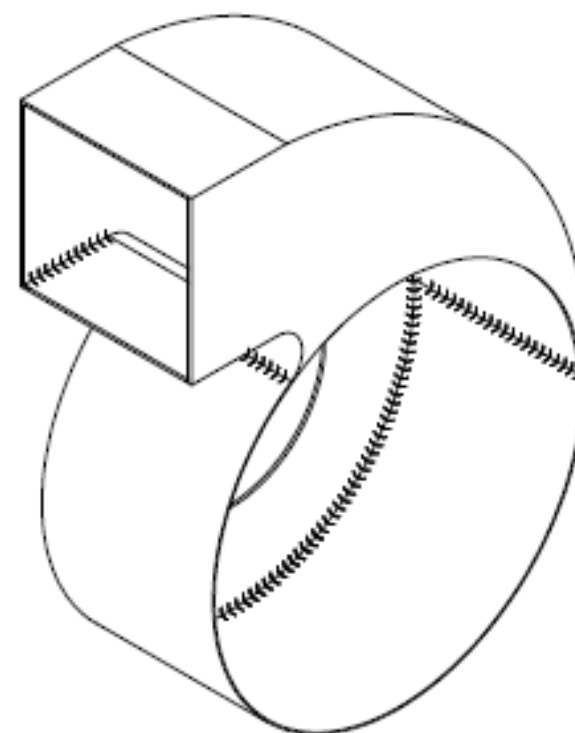
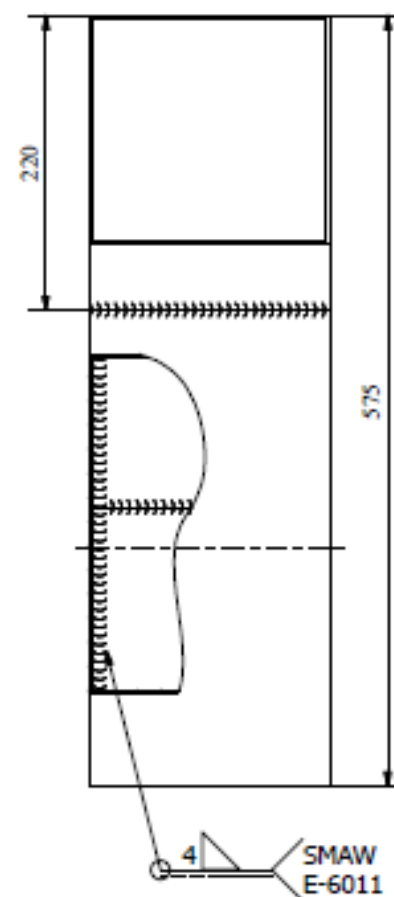
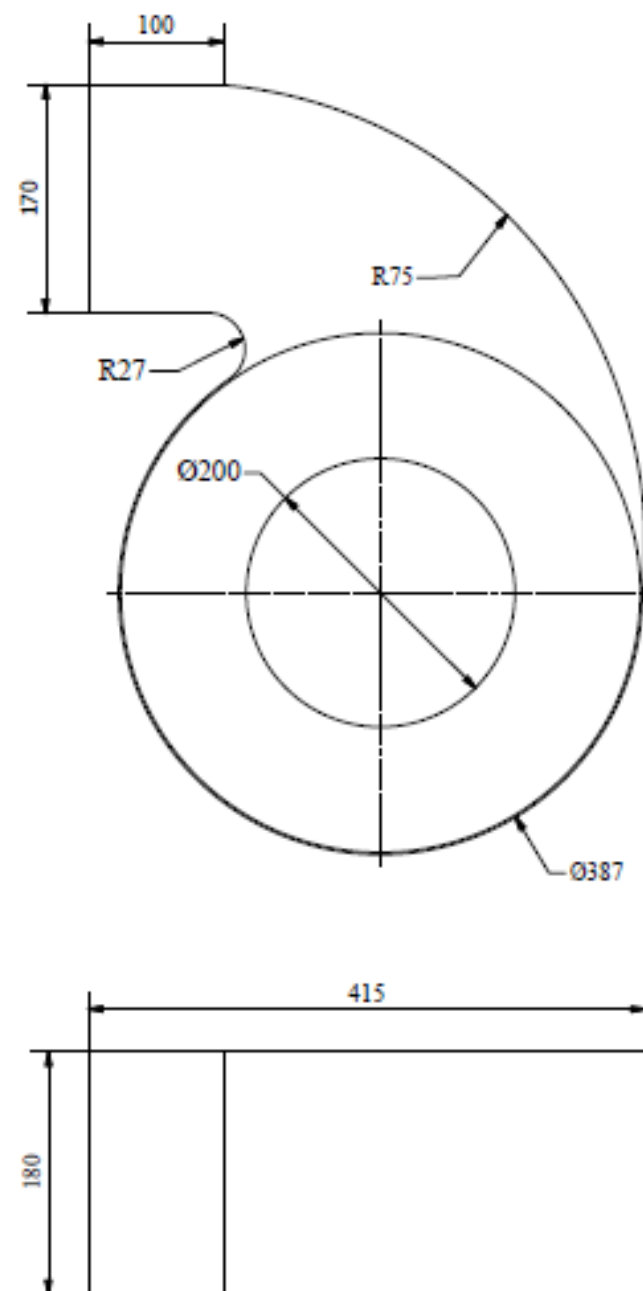
Detalle "A"
Escala (1:1)



Ø38.1H7	+0
	-0,021

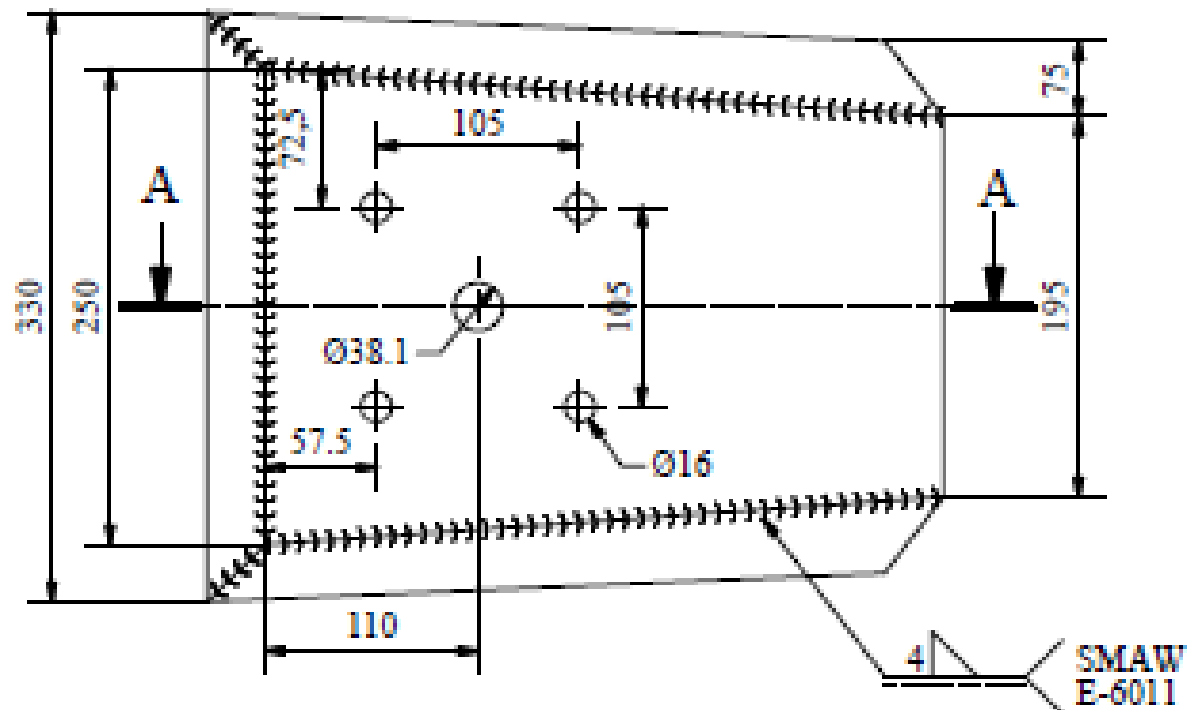
Nota: Cháflanes 2x45°
Soldar todas las juntas con E-6011, pulir aristas vivas.

Tratamiento Térmico	N/A	Material:		Dimensiones Brutas:	
Recubrimiento	N/A	ASTM A36			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A		15/10/2015
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A		15/10/2015
		Revisó	Ing. Olger Pérez		15/10/2015
VENTILADOR	ESCALA: 1:5	Código:	10.7275/6801.00.12		Tol. Gral: ±0.1

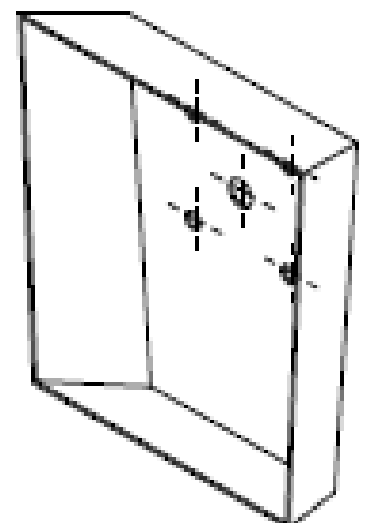
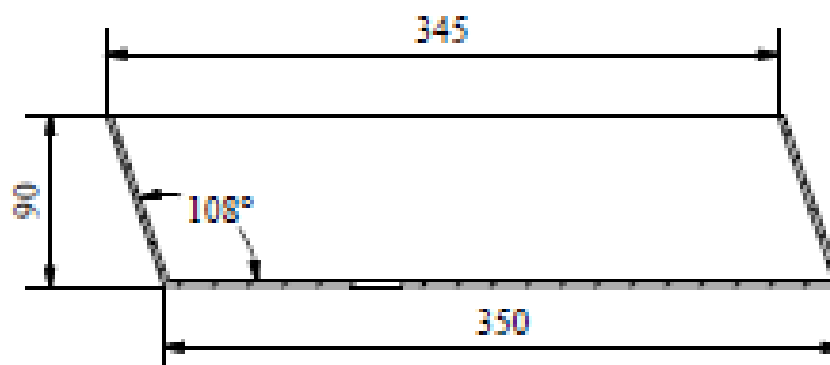


Nota: Espesor de 3mm.
Soldar todas las juntas con E-6011, pulir aristas vivas.

Tratamiento Térmico	N/A	Material:	ASTM A36	Dimensiones Brutas:	1000x400x3
Recubrimiento	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		UPS		Diseño	Cholca C; Mantilla A
				Dibujo	Cholca C; Mantilla A
				Revisó	Ing. Olger Pérez
VOLUTA		ESCALA:	1:5	Código:	10.7275/6801.00.11
					Tol. Gral: ±0.1

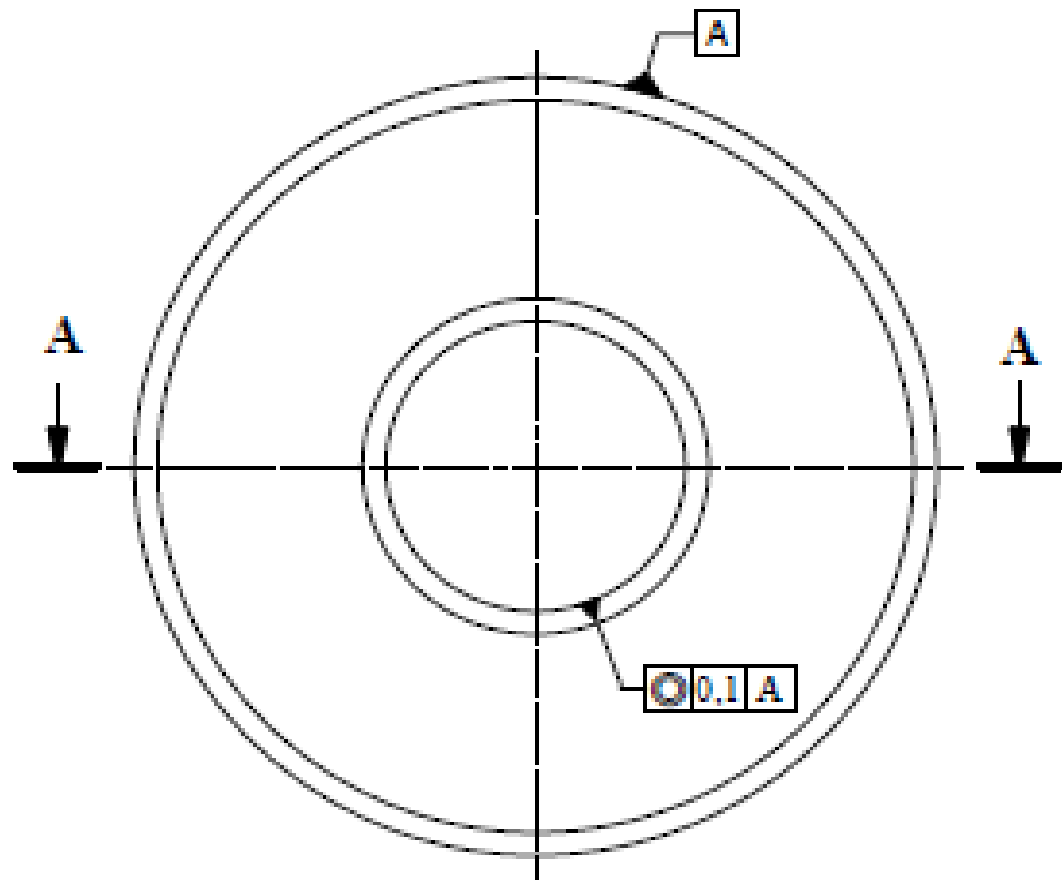


CORTE A-A

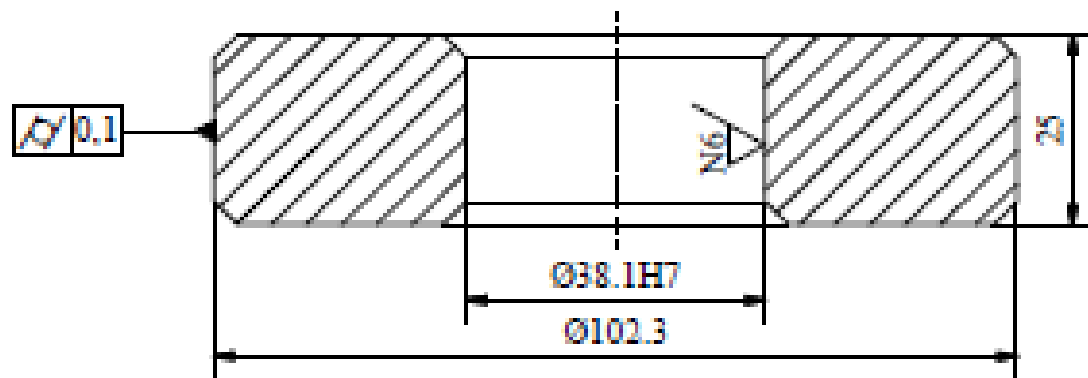


Nota: Espesor 3mm
Soldar toda las junatas con E-6011, pulir aristas vivas.

Tratamiento Térmico	N/A	Material: ASTM A36	Dimensiones Brutas: 500x500x3	
Recubrimiento	N/A			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Revisó	Ing. Olger Pérez	15/10/2015
VOLUTA 2	ESCALA: 1:5	Código:	10.7275/6801.00.13	Tol. Gral: ±0.1



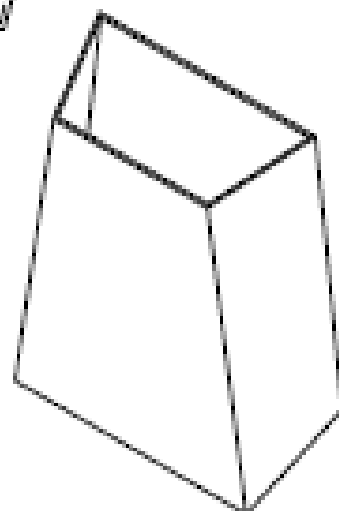
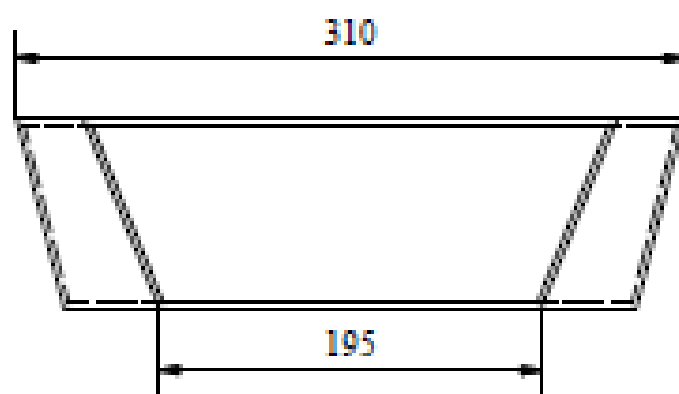
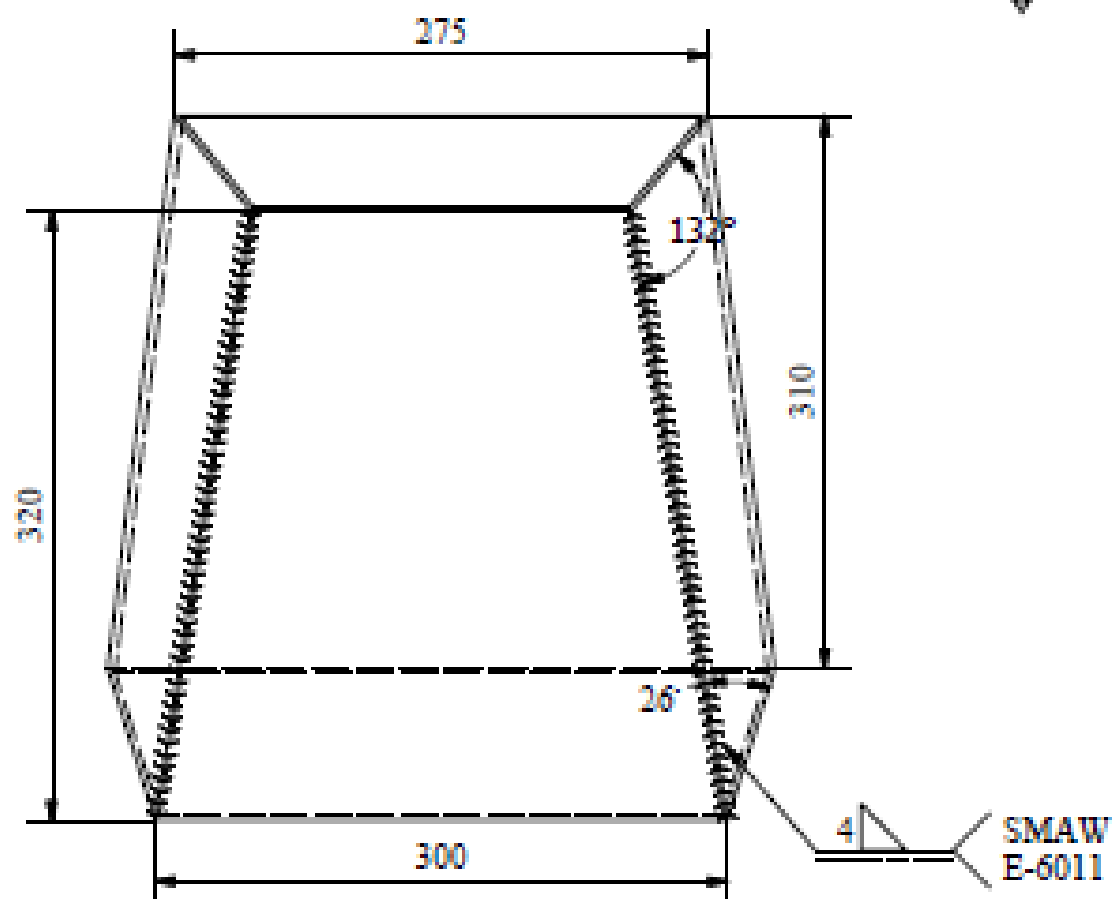
CORTE A-A



$\text{Ø}38.1\text{H7}$	+0
	-0,021

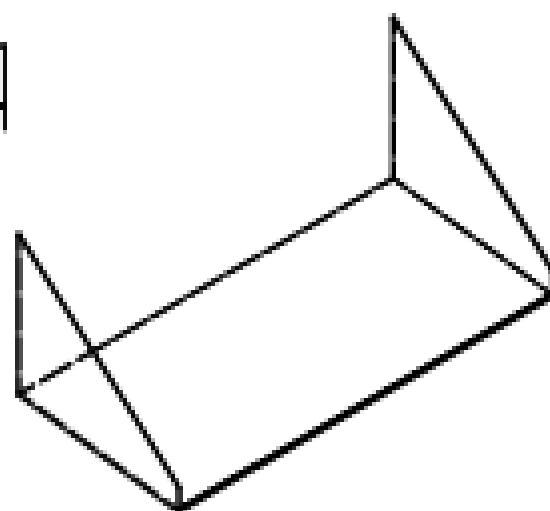
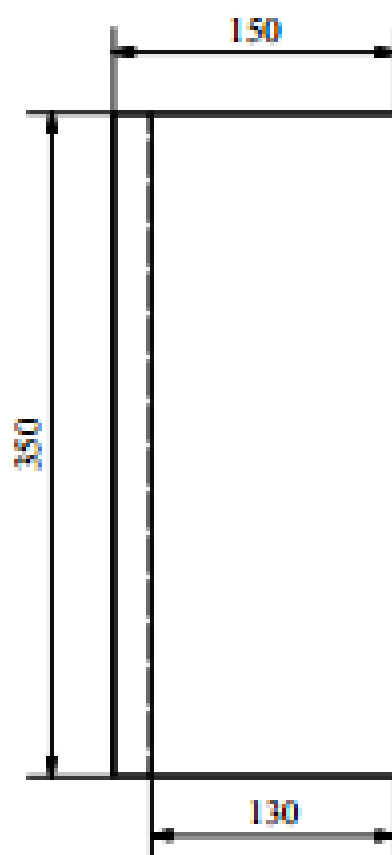
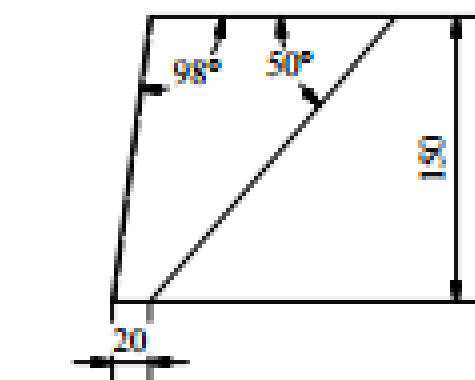
Nota: Chaflán 3x45°

Tratamiento Térmico	N/A	Material: AISI 1018	Dimensiones Brutas: Ø105x30	
Recubrimiento	N/A			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Revisó	Ing. Olger Pérez	15/10/2015
TAPA DE CILINDRO	ESCALA: 1:1	Código:	10.7275/6801.00.15	Tol. Gral: ±0.1



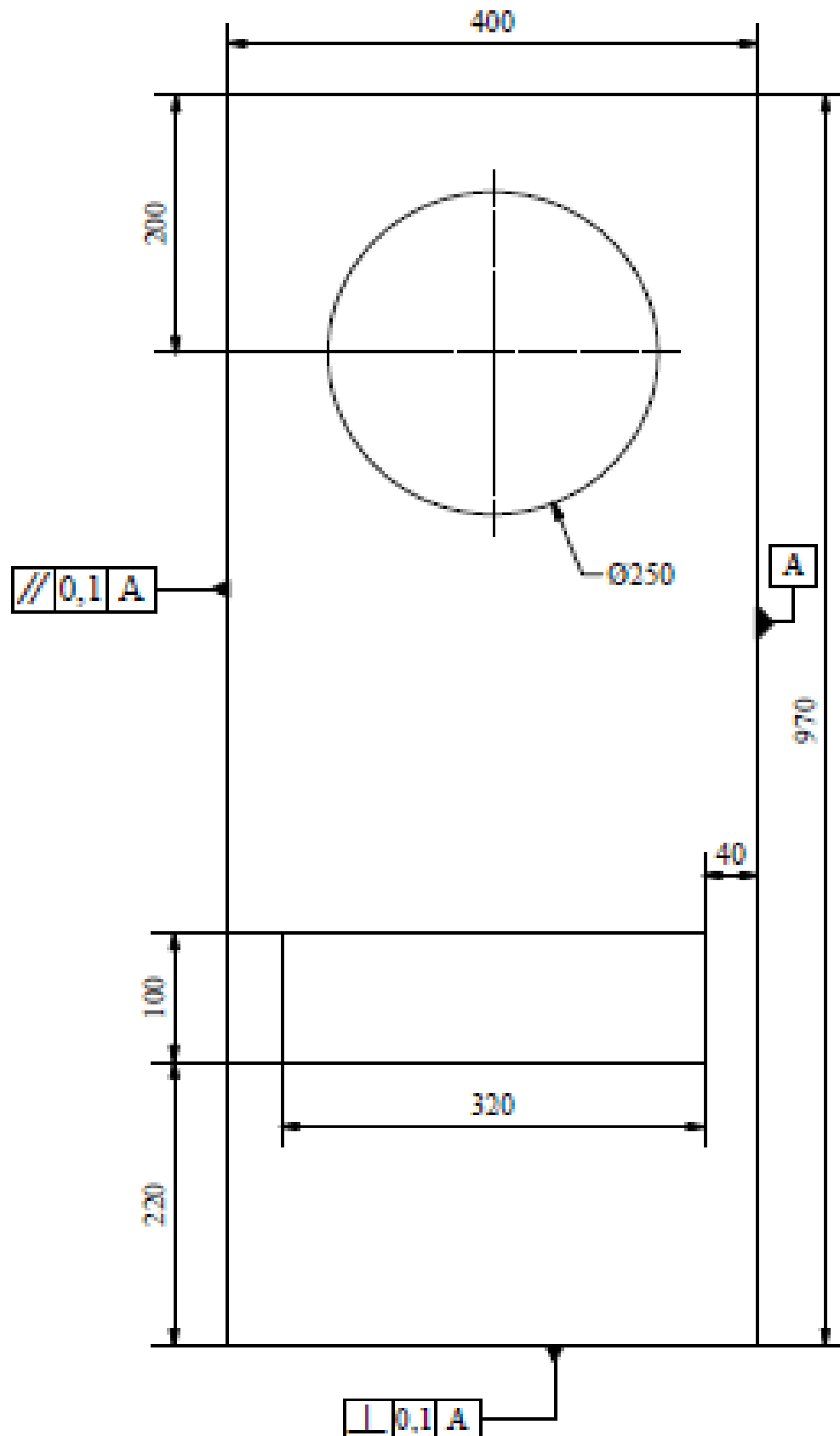
Nota: Espesor 3mm
Soldar toda las juntas con E-6011, pulir las aristas vivas

Tratamiento Térmico	N/A	Material: ASTM A36	Dimensiones Brutas: 500x500x3	
Recubrimiento	N/A			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Revisó	Ing. Olger Pérez	15/10/2015
VOLUTA 3	ESCALA: 1-5	Código:	10.7275/6801.00.16	Tol. Gral: ±1.0



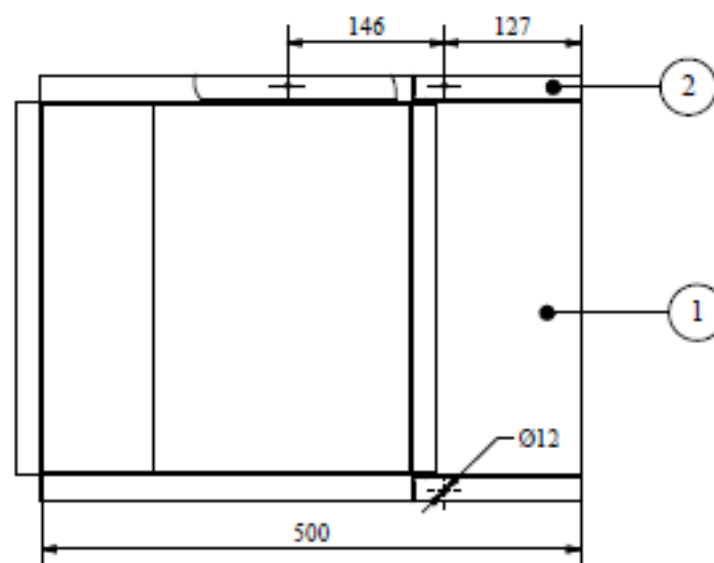
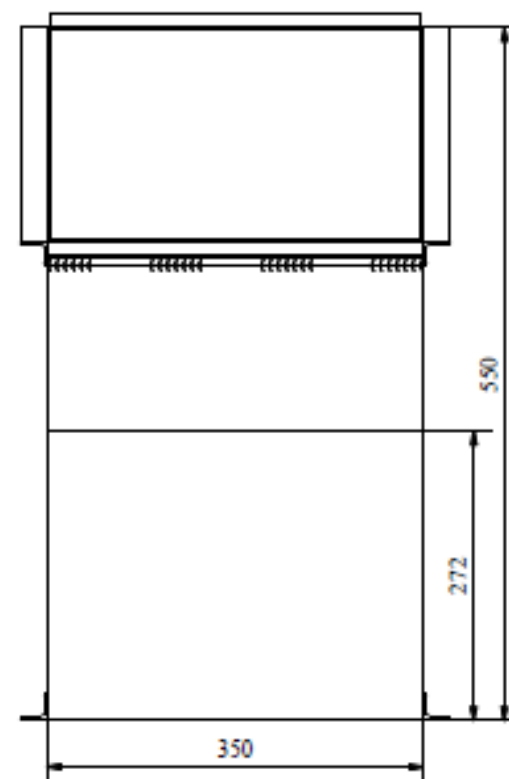
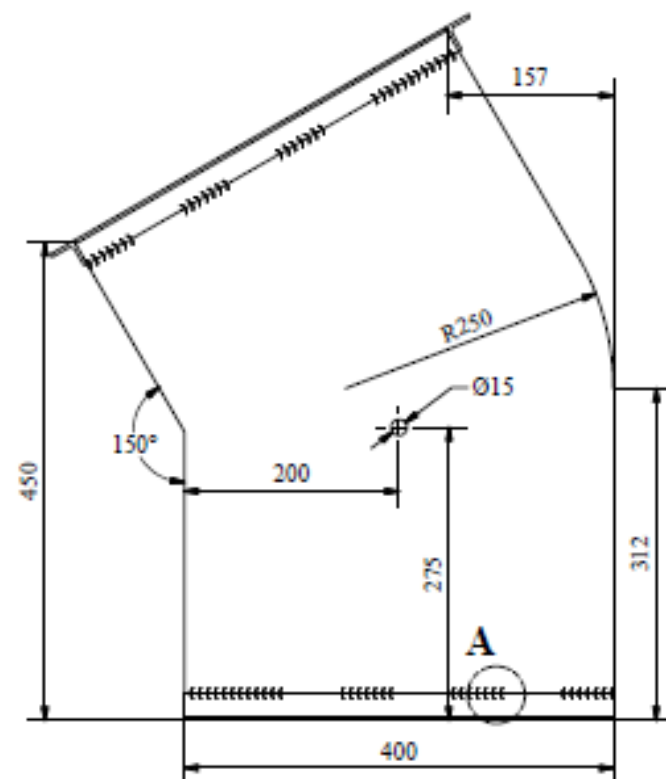
Nota: Espesor de 2mm.

Tratamiento Térmico	N/A	Material: ASTM A36		Dimensiones Brutas: 700x200x1	
Recubrimiento	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA		Diseñó	Cholea C; Mantilla A	15/10/2015	
		Dibujó	Cholea C; Mantilla A	15/10/2015	
		Revisó	Ing. Olger Pérez	15/10/2015	
PLATO RECOGEDOR		ESCALA: 1:5	Código: 10.7275/6801.00.17	Tol. Gral: ±1.0	



Nota: Espesor 4mm.

Tratamiento Térmico	N/A	Material: ASTMA36	Dimensiones Brutas: 980x410x4	
Recubrimiento	N/A			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Reviso	Ing. Olger Pérez	15/10/2015
PARED DERECHA	ESCALA: 1:5	Código:	10.7275/6801.00.18	Tol. Graf: ±0.1

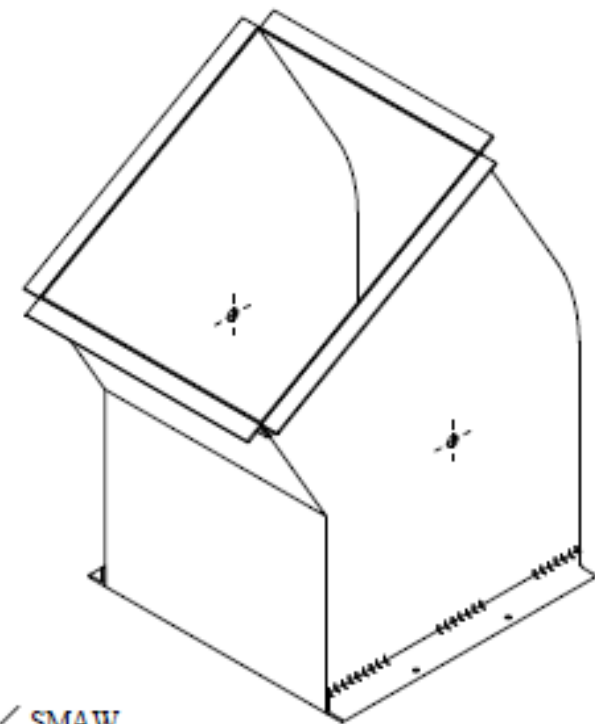


Detalle "A"
Escala (1:2)

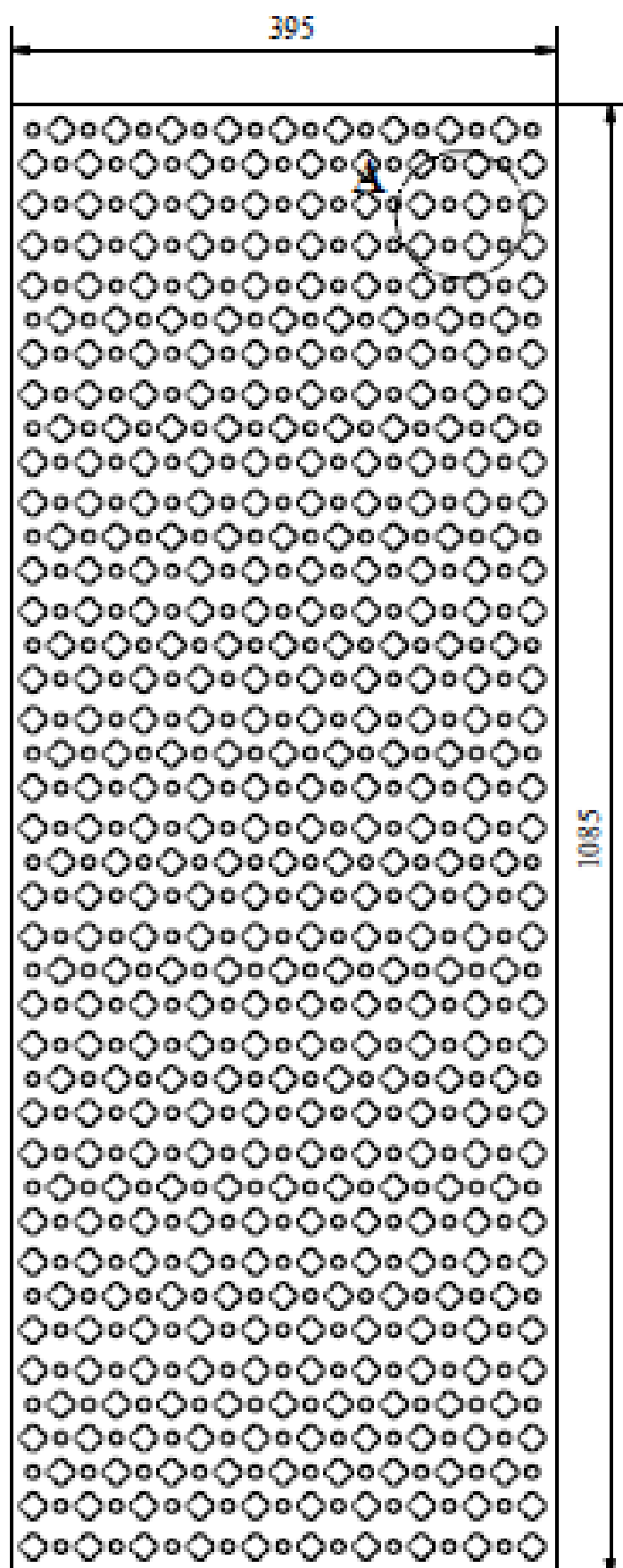


5 25x30 SMAW
E-6011

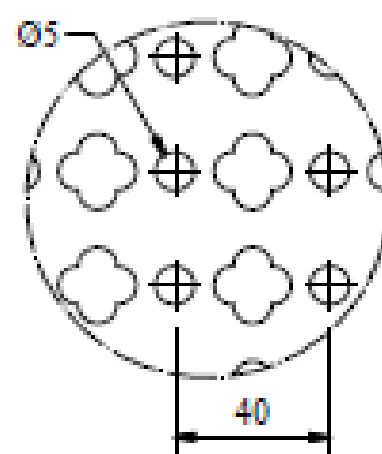
Nota: Espesor 3mm.
Soldar todas las juntas con E-6011, pulir aristas vivas.



2	Perfil de Angulo	1	10.7275/6801.00.19.02	4C	ASTM A36	25x25x5	-----
1	Estructura Tolva	1	10.7275/6801.00.19.01	3B	ASTM A36	1600x660x3	-----
Ref.	Denominación	Cant.	Norma	Local.	Material	Dim. Brutas	Observaciones
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			UPS		Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
					Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
					Revisó	Ing. Olger Pérez	15/10/2015
TOLVA			ESCALA: 1:5	Codigo:		10.7275/6801.00.19	Tol. Gral: ±1.0

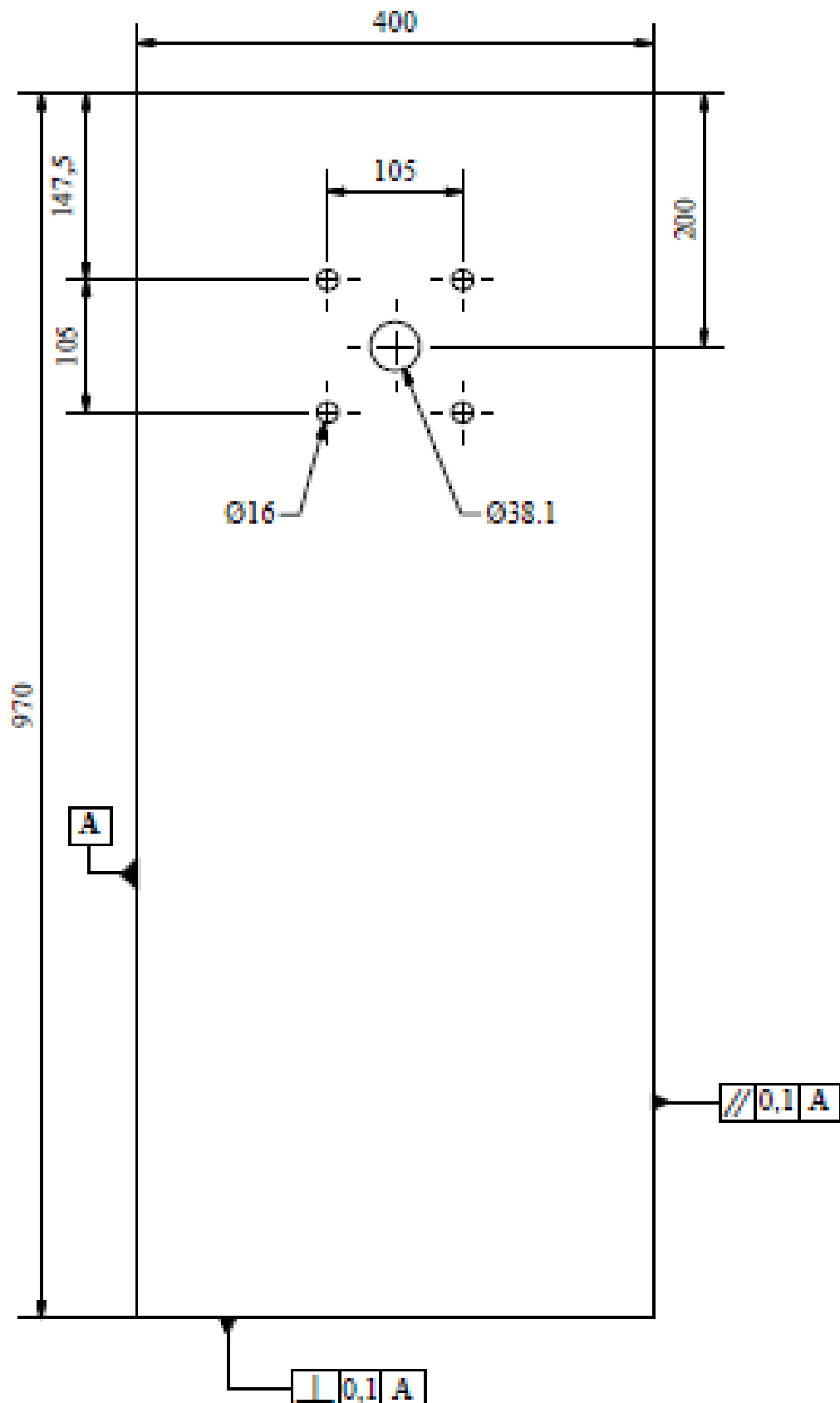


Detalle "A"
Escala (1:2)



Nota: Espesor 2mm.

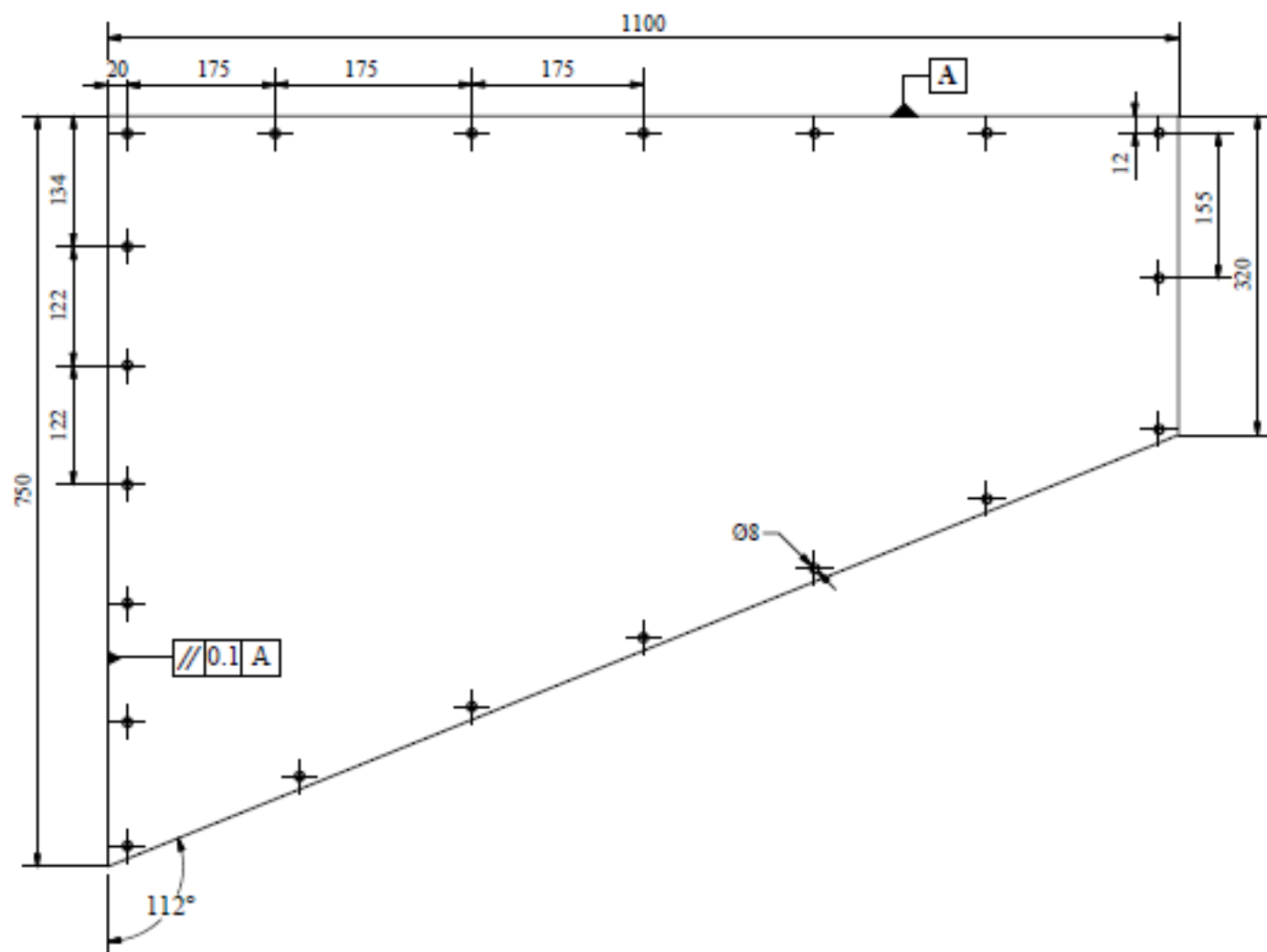
Tratamiento Térmico	N/A	Material: ASTM A36	Dimensiones Brutas: 1100x400x2	
Recubrimiento	N/A			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Revisó	Ing. Olger Pérez	15/10/2015
MALLA TRÉBOL	ESCALA: 1:5	Código:	10.7275/6801.00.21	Tol. Graf: ±1.0



Nota: Espesor 4mm.

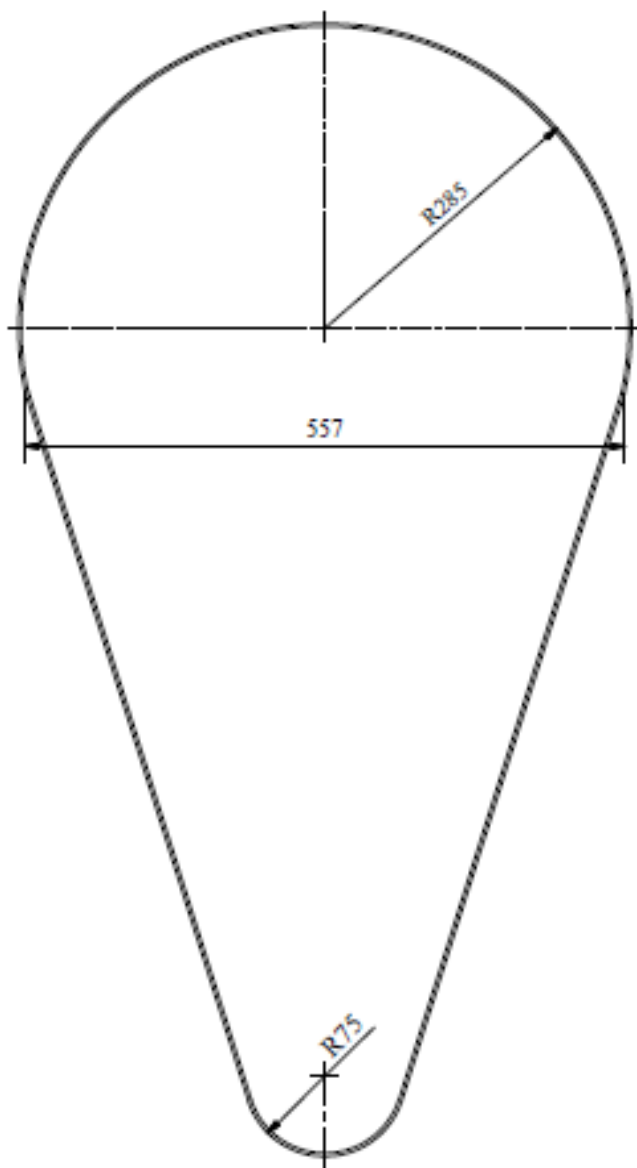
Tratamiento Térmico	N/A	Material:	ASTM A36	Dimensiones Brutas:	980x410x4
Recubrimiento	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015	
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015	
		Revisó	Ing. Olger Pérez	15/10/2015	
PARED IZQUIERDA	ESCALA: 1:5	Código:	10.7275/6891.00.22	Tol. Gral: ± 0.1	

N8

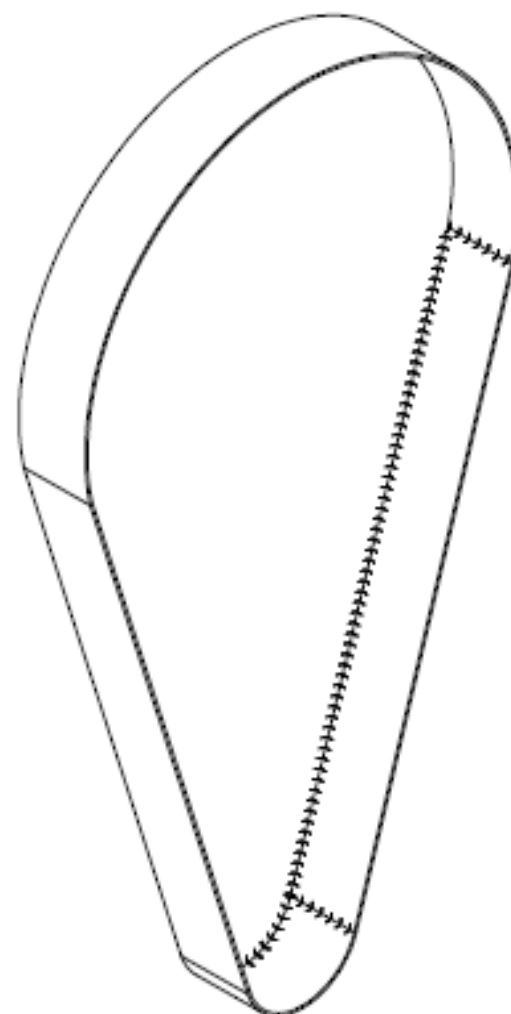
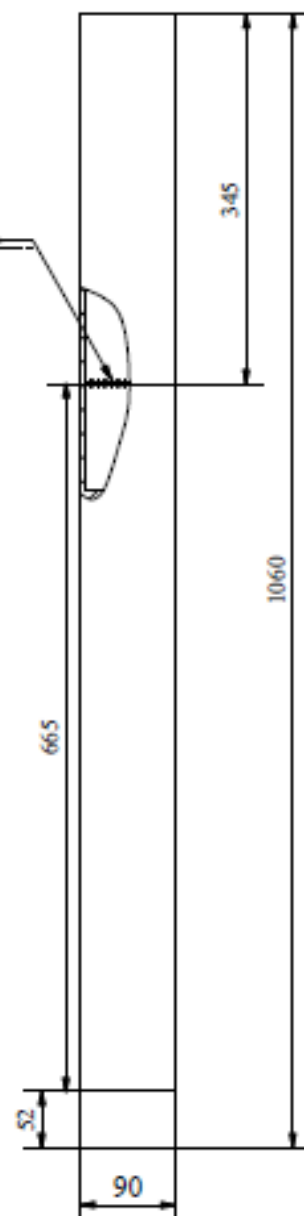


Nota: Espesor 3mm

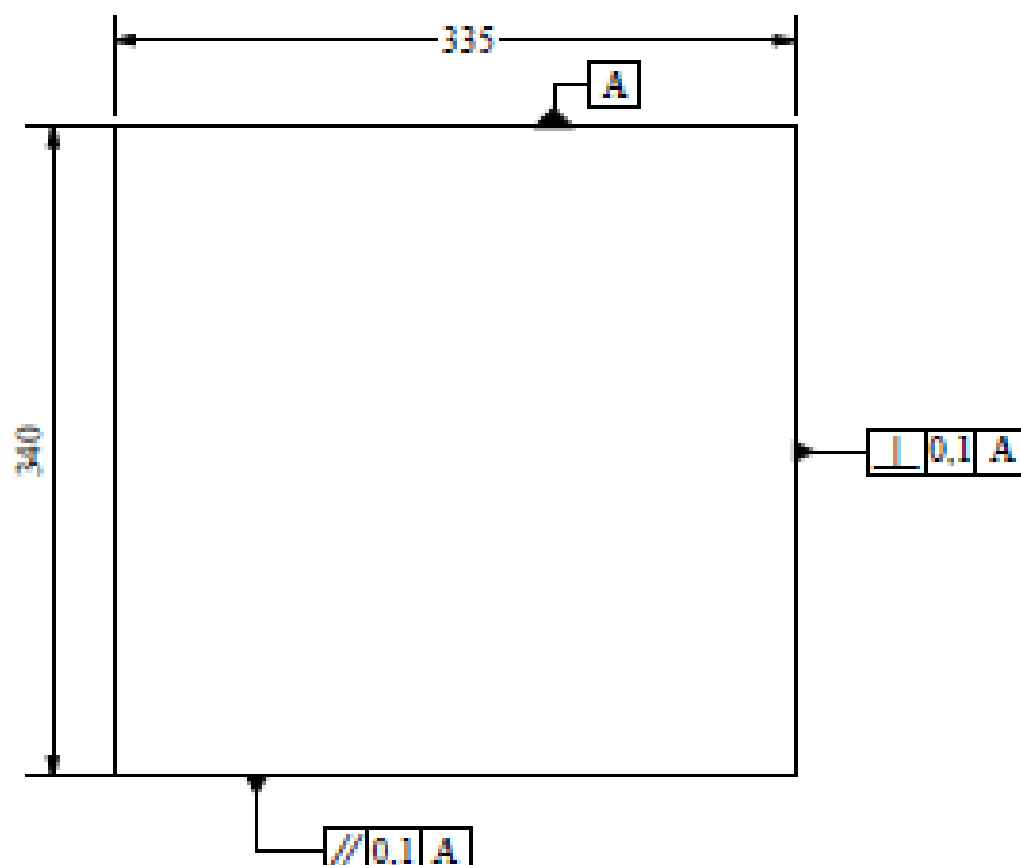
Tratamiento Térmico	N/A	Material:	ASTM A36	Dimensiones Brutas:	1110x760x3
Recubrimiento	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015	
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015	
		Revisó	Ing. Olger Pérez	15/10/2015	
TAPA FRONTAL		ESCALA:	1:5	Código:	10.7275/6801.00.23
				Tol. Gral:	±0.1



SMAW
E-6011

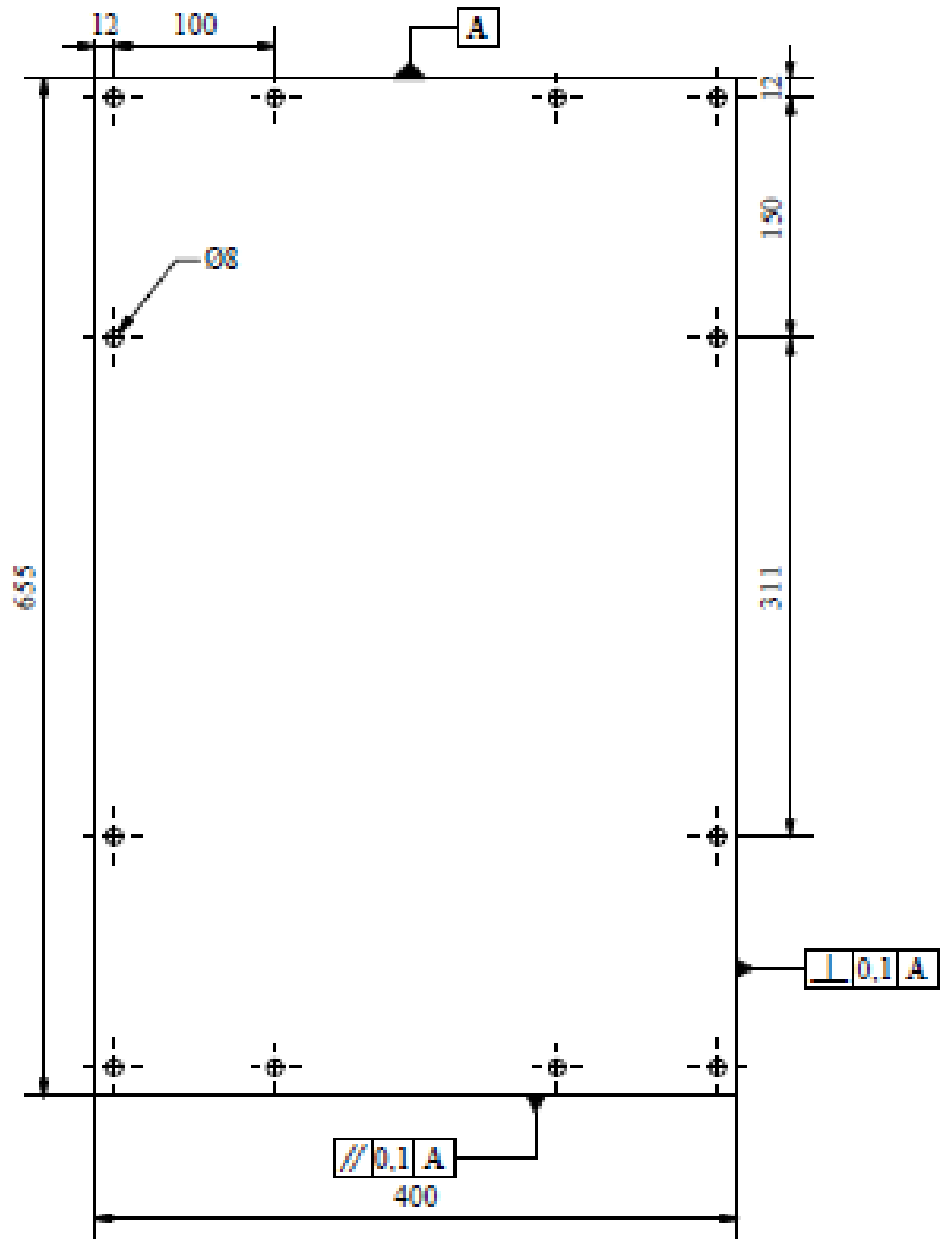


Tratamiento Térmico	N/A	Material:	ASTM A36		Dimensiones Brutas:
Recubrimiento	N/A				1500x1000x3
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015	
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015	
		Revisó	Ing. Olger Pérez	15/10/2015	
TAPA DE POLEAS		ESCALA:	Código:	Tol. Gral:	
		1:5	10.7275/6801.00.27	±0.1	



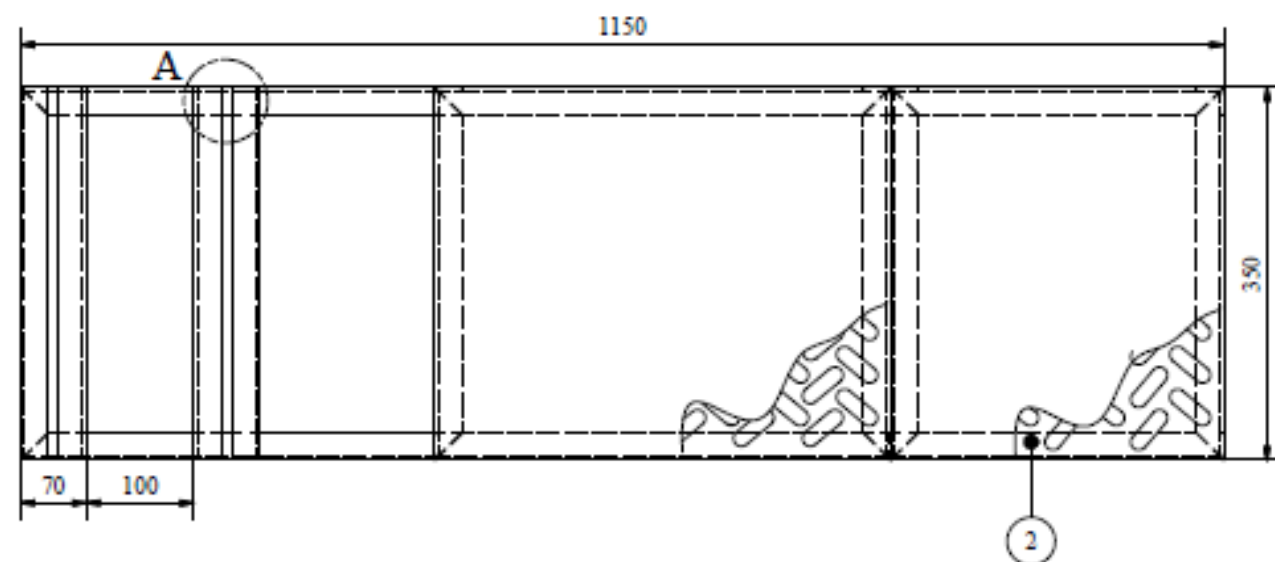
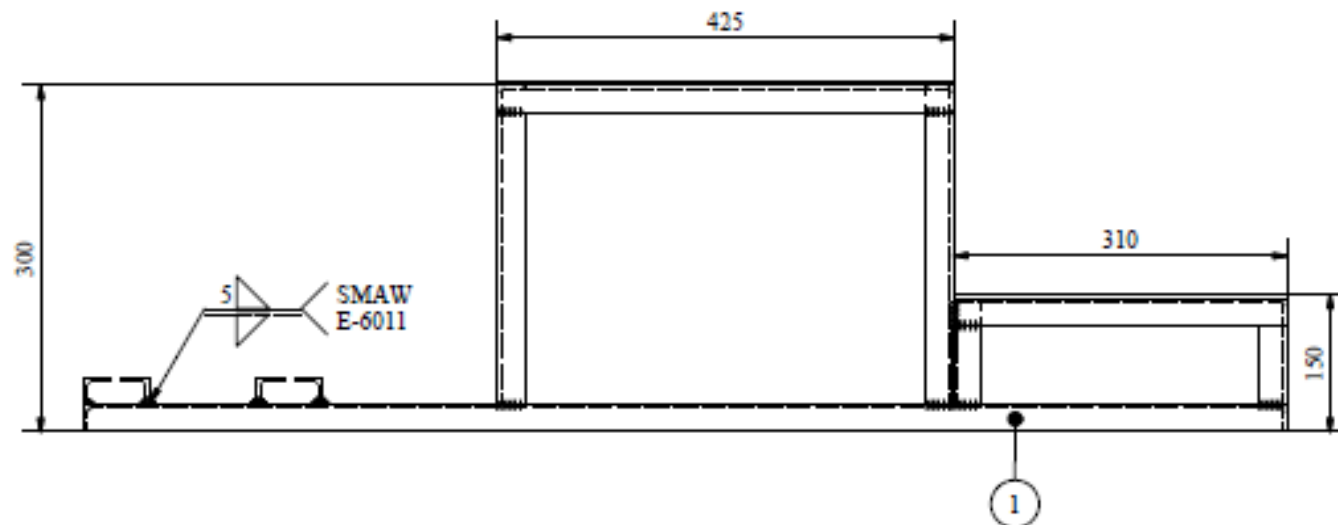
Nota: Espesor 3mm.

Tratamiento Térmico	N/A	Material: ASTM A36	Dimensiones Brutas: 350x350x3	
Recubrimiento	N/A			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Revisó	Ing. Olger Pérez	15/10/2015
PUERTA DE TOLVA	ESCALA: 1:5	Código:	10.7275/6801.00.28	Tol. Gral: ± 0.1



Nota: Espesor 3mm.

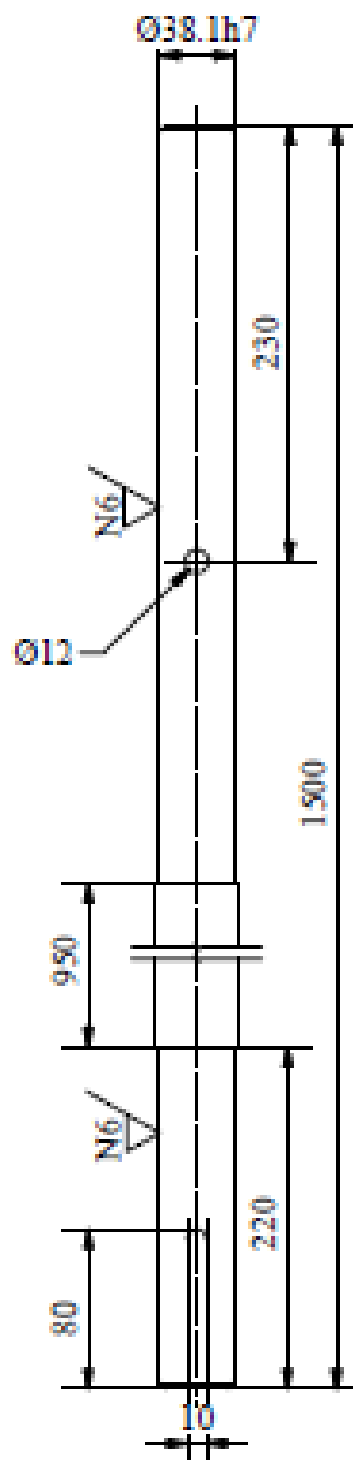
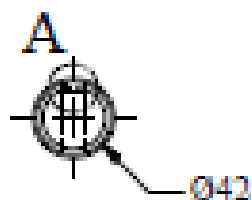
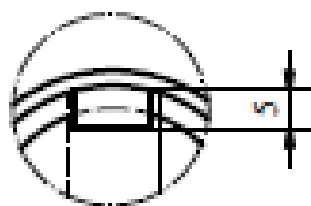
Tratamiento Térmico	N/A	Material: ASTM A36	Dimensiones Brutas: 640x410x3	
Recubrimiento	N/A			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Revisó	Ing. Olger Pérez	15/10/2015
TAPA SUPERIOR	ESCALA: 1:5	Código:	10.7275/6801.00.29	Tol. Gral: ±0.1



Nota: Soldar todas las juntas con E-6011, pulir aristas vivas.

2	Piso corrugado	1	10.7275/6801.00.29.02	4C	ASTM A36	750x350x2	----
1	Perfil de Angulo	1	10.7275/6801.00.29.01	3B	ASTM A36	1x1/4x1/8	----
Ref.	Denominación	Cant.	Norma	Local.	Material	Dim. Brutas	Observaciones
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A		15/1
				Dibujo	Cholca C; Mantilla A		15/1
				Reviso	Ing. Olger Perez		15/1
BANCADA			ESCALA: 1:5	Codigo:	10.7275/6801.00.30		Tol. ±

Detalle "A"
Escala (1:1)



Ø38.1h7	+0
	-0,021

Nota: Chafilán 2x45°

Tratamiento Térmico	N/A	Material: AISI 1018	Dimensiones Brutas: Ø40x1700	
Recubrimiento	N/A			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseño	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Dibujo	Cholca C; Mantilla A	15/10/2015
		Reviso	Ing. Olger Pérez	15/10/2015
EJE PRINCIPAL	ESCALA: 1:5	Código:	10.7275/6801.00.37	Tol. Gral: ±0.1